

Jorge Abad
José Luis Burrel



Equipo 

Dirección:

Guillermo Fatás y Manuel Silva

Coordinación:

M^a Sancho Menjón

Redacción:

Álvaro Capalvo, M^a Sancho Menjón, Ricardo Centellas
José Francisco Ruiz

Publicación nº 80-80 de la
Caja de Ahorros de la Inmaculada de Aragón

Texto y fotografías: Jorge Abad y José Luis Burrel

I.S.B.N.: 84-95306-61-1

Depósito Legal: Z. 2302-00

Diseño: VERSUS Estudio Gráfico

Impresión: Edelvives Talleres Gráficos

Certificados ISO 9002



ÍNDICE



Prólogo	5
DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LOS HUMEDALES	6
Iniciativas para clasificar nuestras zonas húmedas según su importancia	12
CONCEPTOS ECOLÓGICOS BÁSICOS	16
Ciclos de materia y flujos de energía	16
Estratificación térmica	18
Productividad	21
LOS LAGOS GLACIARES O IBONES	24
EL ENDORREÍSMO EN ARAGÓN	35
Salinidad	36
Endemismos	37
Tapetes microbianos	37
Ornitofauna	40
HUMEDALES ARTIFICIALES	46
LAGUNAS CÁRSTICAS	50
Parámetros físico-químicos de las aguas	52
El ciclo anual	53
Las comunidades planctónicas	56

LOS EMBALSES	58
OTROS TIPOS DE HUMEDALES	69
PROBLEMAS DE LOS HUMEDALES	78
MOTIVOS PARA SU CONSERVACIÓN	88
MAPA DE LAS PRINCIPALES ZONAS HÚMEDAS DE ARAGÓN	90
Bibliografía	93

PRÓLOGO



Esta obra no pretende dar una visión exhaustiva de los humedales aragoneses sino, simplemente, despertar la curiosidad del lector por tan importantes formas del patrimonio natural. Aragón es una tierra seca, pero aún conserva buenas muestras de complejos lagunares, hasta el punto de que dos de ellos han sido calificados de “Importancia Internacional” según los criterios del Convenio firmado en Ramsar (Irán, 1971).

La atenta observación de los organismos que habitan estos enclaves es a menudo motivo de sorpresa para el profano: incluso en lo microscópico hay multitud de seres vivos cuyo estudio permite comprender mejor de qué modo funcionan los ecosistemas. Muy pocos de estos espacios húmedos están protegidos y bastantes presentan alteraciones significativas. Va siendo urgente una toma de conciencia sobre los valores naturales que atesoran y los importantes procesos ecológicos que sustentan, para fomentar su conservación, su uso racional y su transmisión en buenas condiciones a las generaciones futuras.

Nuestro reconocimiento por su inestimable ayuda a Yasmina Bernat, Miguel Ángel Muñoz, Armando Ocón y, en especial, a Angelina Llamazares y a Concha Bernal por su colaboración en diversos aspectos relacionados con el texto, sin olvidar al Equipo CAI100 por su ayuda técnica.

DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LOS HUMEDALES



Uno de los primeros problemas que surgen a la hora de abordar el concepto de “humedal” es su propia definición, no exenta de polémica y que ha generado preguntas como ¿con qué periodicidad y cuánto tiempo tiene que estar inundada una superficie para ser considerada humedal?

Además, algunos humedales evolucionan muy rápidamente: unos se colmatan de sedimentos y propician así su conversión en ecosistemas terrestres; otros son desecados y transformados en tierras de cultivo, aunque regularmente se permite su inundación (Laguna de La Zaida, en la cuenca endorreica de Gallocanta); otros más son de origen artificial, como pantanos o balsas de regulación de riego, y los hay que pueden asociarse a las riberas de los ríos de mayor caudal, cuyas inundaciones periódicas o sus aguas freáticas generan espacios húmedos cerca del cauce o en ecosistemas insulares.

Por ello se producen debates, aunque, en general, se acepta como concepto básico de humedal el de un espacio intermedio entre los medios húmedos y los generalmente

secos, que posee características de ambos pero que no puede ser asignado ni a los ambientes acuáticos ni a los terrestres.

Avanzando en la definición, caracteriza a los humedales la presencia de agua durante periodos dilatados de tiempo; agua que genera cambios sustanciales en los suelos y en los microorganismos que éstos contienen, al tiempo que provoca la especialización de comunidades de flora y fauna hasta lograr un equilibrio que permite diferenciarlos de los ecosistemas acuáticos o terrestres.

Los más de cien Estados firmantes del Convenio de Ramsar sobre Conservación de Humedales de Importancia Internacional aplican un criterio amplio para *humedal*:

«Extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de 6 metros».

Según este criterio, un gran número de hábitats en Aragón son humedales, con la única ausencia de los asociados a ecosistemas marinos, pero con la diversidad que supone un gran valle fluvial como el del Ebro y sus afluentes, enmarcado al norte y al sur por dos cordilleras: la Pirenaica, con mayor gradiente de humedad, y la Ibérica, con ambientes más secos a causa de sus precipitaciones más escasas.

Enmarcado el concepto de humedal, hay que clasificar sus tipos, analizar sus características principales y señalar los casos existentes en Aragón. El criterio utilizado aquí atiende principalmente a la naturaleza del origen del humedal, mejor que a su estado trófico o nutritivo o a las diferencias químicas o biológicas del agua y de las comunidades que los habitan.

El objetivo es abarcar así elementos hidrográficos no considerados tradicionalmente humedales: lagos de grandes dimensiones, embalses, márgenes fluviales encharcables, acuíferos, etc. Ello favorece una visión más global e integradora de las cuencas hidrográficas y de los procesos básicos del ciclo del agua. Es un buen modo de defender una planificación del territorio que debe considerar, además de los usos del agua, las funciones y necesidades ecológicas, hoy algo abandonadas por la Administración Hidrológica.

Los humedales aragoneses, en función de su origen, se deben a fenómenos naturales, glaciares, endorreicos o cársticos, o son artificiales: embalses, balsas de regulación de riego e incluso arrozales, de reciente aparición en los nuevos regadíos; sin olvidar, además, manifestaciones pantanosas originadas por manantiales de gran entidad (ojos) y otras dependientes de cursos fluviales, como los galachos, llanuras inundables e incluso ecosistemas insulares o turberas, de gran importancia por su desarrollo vegetal o por su registro fósil.

Por tanto, esta obra incluye una amplia gama de territorios, desde los “criptohumedales” o áreas encharcadas donde dominan las aguas subterráneas y en las que sólo acceden a la zona saturada de agua las raíces de las plantas (praderas húmedas, juncales, bosques de ribera, etc.), y las “formaciones palustres” o masas de agua no fluyente y poco profundas (lagunas, charcas, turberas, llanuras de inundación, etc.), hasta las “formaciones lacustres” o masas de agua no fluyentes y profundas (lagos, embalses, etc.). Todos estos hábitats son utilizados por comunidades biológicas singulares, con especies de flora y fauna amenazadas, en enclaves geomorfológicos de gran interés y con valores paisajísticos de extraordinaria calidad.

Este libro quiere también desvelar las razones que avellan la conservación y el uso racional de estas notables manifestaciones del patrimonio natural, no sólo porque cumplen funciones ecológicas fundamentales, sino porque son recursos de gran importancia económica, cultural, científica y recreativa.

Por otra parte, es necesario comentar el frágil equilibrio que presentan estos ecosistemas húmedos al requerir aportes hídricos de calidad pero en un medio cada vez más contaminado por vertidos diversos, con efectos acumulativos que provocan graves pérdidas de la riqueza natural. Tampoco hay que olvidar la práctica habitual, relacionada con pasadas épocas de expansión agrícola, de desecarlas para su cultivo, que ha dado lugar a una agria polémica



Ibón de Sabocos (Panticosa), en la cabecera del río Gállego



Laguna de La Playa, en la plataforma endorreica Bujaraloz-Peñalba-Sástago



Embalse de La Peña



Turberas de Anayet

sobre la puesta en regadío de los Monegros en lo que afecta a la plataforma endorreica del importante complejo lagunar de Sástago-Bujaraloz.

Los humedales están entre los ecosistemas más productivos de la Tierra a la vez que mantienen una enorme biodiversidad. Destaca su funcionalidad vital para la avifauna migratoria, patrimonio común de la Humanidad que sólo podrá preservarse si se mantiene intacto el suficiente número de eslabones para que la cadena no se interrumpa irremisiblemente.

En resumen, los humedales pueden describirse como los *riñones del medio natural* por las funciones que desempeñan en los ciclos hidrológicos y bioquímicos, o como *supermercados biológicos* si se analizan teniendo en cuenta las redes tróficas o nutritivas que soportan y la biodiversidad que sustentan.

INICIATIVAS PARA CLASIFICAR NUESTRAS ZONAS HÚMEDAS SEGÚN SU IMPORTANCIA

Desde que en 1971 la Convención de Ramsar aprobó criterios de clasificación para las zonas húmedas, numerosos países, entre ellos España, han llevado a cabo iniciativas para aplicarlos y mejorarlos. AMAT y FERRER entre otros (1985) elaboraron un trabajo ya clásico, proponiendo la utilización de diversos criterios que, aplicados a los

humedales aragoneses por BALLARÍN (1985), dieron la siguiente clasificación:

Importancia	Lagunas	Principales especies que le confieren importancia
Nacional	Gallocanta	Ánade silbón, Á. real, Pato cuchara, Cerceta común y Porrón moñudo
	Pantano de Las Navas	Cerceta común
	Pantano de La Sotonera	Ánade real, Porrón común y Cerceta común
	Laguna de Sariñena	Ánade real, Á. rabudo, Á. Friso, Pato cuchara, Porrón común y Focha común
Regional	Laguna de Sádaba	Ánade real
	Laguna de Moncayuelo	Ánade real y Focha común
	Pantano San Bartolomé	Ánade real
	Pantano de El Bolaso	Ánade real, Á. Rabudo y Pato cuchara
	Estanca y Salina de Chiprana	Pato cuchara y Focha común
	Galacho de La Alfranca	Ánade rabudo
	Pantano de Yesa	Ánade real
	Pantano de Ardisa	Cerceta común
	Pantano de Mequinenza	Ánade real, Á. rabudo, Á. silbón, Cerceta común
	Pantano de La Tranquera	Ánade real y Cerceta común
	Laguna de Gallocanta	Ánade rabudo
	Pantano de las Navas	Ánade real
	La Sotonera	Ánade rabudo y Pato cuchara
	Sariñena	Ánade silbón
	Estanca de Alcañiz	Cerceta común, Ánade real y Á. Rabudo
Salada de Alcañiz	Cerceta común	

Por último, la utilización de criterios botánicos desarrollados por CIRUJANO y otros autores (1992) con los mismos fines, a la que añadimos la catalogación según el D. 49/95, da el siguiente cuadro:

Importancia	Humedal	Principales especies presentes	Grado de amenaza	Categoría D. 49/95
Internacional	Gallocanta	<i>Puccinellia pungens</i>	M.A.	P.E.
		<i>Chara pedunculata</i>	A.	
		<i>Chara virgata</i>	A.	
		<i>Lamprothamium papulosum</i>	A.	
		<i>Potamogeton gramineus</i>	A.	
Nacional	Estanca de Alcañiz Lagunas de Chiprana Saladas de Bujaraloz-Sástago	<i>Potamogeton luceus</i>	A.	P.E.
		<i>Lamprothamium papulosum</i>	A.	
		<i>Riella notarisii</i>	M.A.	
		<i>Lamprothamium papulosum</i>	A.	
De Interés Singular	Ibones de Anayet Ibón de Sabocos Ibones de Plan Ibón de Estanés Ibón de Piedrafita Lago de Angliós Balsa de Valjunquera	<i>Potamogeton alpinus</i>		
		<i>Potamogeton gramineus</i>	A.	
		<i>Potamogeton gramineus</i>	A.	
		<i>Subularia aquatica</i>	A.	
		<i>Potamogeton praelongus</i>	A.	
		<i>Nitella capillaris</i>	A.	
		<i>Tolypella prolifera</i>	M.A.	

M.A.: Muy amenazada

A.: Amenazada

P.E.: En peligro de extinción

OTRAS CLASIFICACIONES DE HUMEDALES

CLASIFICACIÓN POR EL ESTADO TRÓFICO (O.C.D.E.)

Categoría	Valor límite		
	Fósforo (mg/m ³)	Clorofila (mg/m ³)	D. Secchi (profund.) (m)
ULTRAOLIGOTROFO	< 4	< 1	> 12
OLIGOTROFO	4 a 10	1 a 2,5	6 a 12
MESOTROFO	10 a 35	2,5 a 8	3 a 6
EUTROFO	35 a 100	8 a 25	1,5 a 3
HIPEREUTROFO	> 100	> 25	< 1,5

CLASIFICACIÓN SEGÚN LA CONFERENCIA DE RAMSAR

Divide los humedales en tres grandes categorías:

1. Humedales marinos y costeros

Nuestra región no tiene representantes en esta categoría.

2. Humedales continentales: Aragón tiene representación en los siguientes apartados

M. Ríos y arroyos permanentes.

N. Ríos y arroyos estacionales.

O. Lagos permanentes de agua dulce, incluyendo meandros de ríos.

P. Lagos estacionales o intermitentes de agua dulce.

Q. Lagos permanentes, salinos, salobres o alcalinos.

R. Lagos y zonas inundadas estacionales intermitentes, salinos, salobres o alcalinos.

Va. Humedales alpinos/de montaña.

Y. Manantiales de agua dulce.

Zk. Sistemas hídricos subterráneos en karst o en cuevas.

3. Humedales artificiales

1. Estanques de acuicultura.

2. Estanques artificiales.

3. Zonas de riego; incluye canales y arrozales.

4. Zonas de explotación de sal; salinas artificiales.

6. Áreas de almacenamiento de agua, reservorios, represas hidroeléctricas.

CONCEPTOS ECOLÓGICOS BÁSICOS



Para entender los ecosistemas, la ecología esquematiza sus componentes: analiza los flujos de energía y los ciclos de materia, de modo que permitan su expresión en términos de biomasa (kilogramos) y energéticos (calorías); o bien mide la biodiversidad en relación a las especies y cuantifica las interacciones entre individuos y poblaciones.

CICLOS DE MATERIA Y FLUJOS DE ENERGÍA

De modo simplificado, puede aceptarse que la fuente principal de energía proviene del sol y es aprovechada por los *productores primarios* gracias al proceso de la fotosíntesis (vegetales); éstos constituyen el alimento de los *consumidores de primer orden* (herbívoros) que, a su vez, lo son de los *consumidores de segundo orden* (carnívoros). Esta cadena trófica o de alimentación culmina en los *consumidores de tercer orden* (superpredadores), que son los carnívoros que se alimentan no sólo de herbívoros sino también de otros carnívoros. El eslabón final lo forman los *desintegradores* o descomponedores (bacterias, levaduras, hongos) que se alimentan de los restos orgánicos exceden-

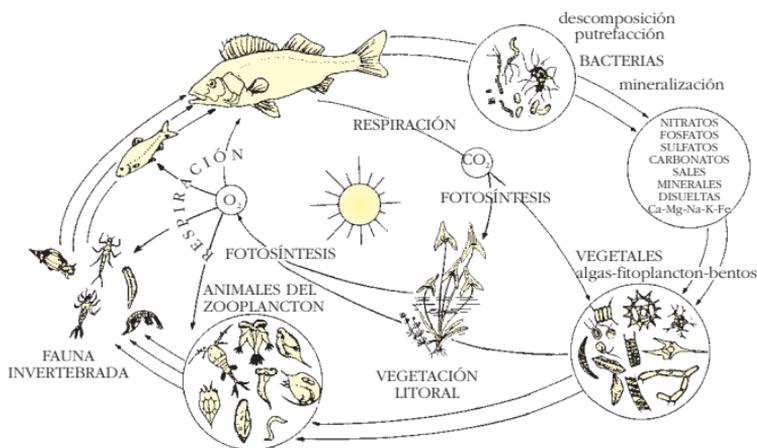
tarios, aseguran el reciclado al mundo mineral de la materia orgánica y cierran la cadena alimentaria.

Una singularidad de los ecosistemas acuáticos es que, entre los organismos que los pueblan, se cuenta el *plankton*, conjunto de seres vivos en suspensión en el agua, que abunda más en lagos, lagunas y embalses, y mucho menos en los ríos. Son organismos generalmente microscópicos, tanto plantas (fitoplancton) como animales (zooplancton); su enorme importancia se debe a que sustentan la base de las cadenas tróficas (de nutrición).

En un esquema organizativo de un lago que permita el desarrollo de todos los organismos presentes en la cadena trófica, los productores primarios serían el fitoplancton (algas y fitoflagelados) y las plantas acuáticas; los consumidores de primer orden se corresponderían con el zooplancton (protozoos, rotíferos, pequeños crustáceos y larvas de invertebrados); los consumidores de segundo orden serían los peces; y los de tercer orden, otros peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Completan esta cadena los desintegradores, principalmente bacterias.

Estas biocenosis (conjunto de los seres vivos de un determinado ambiente) dependen de ciertas limitaciones relacionadas sobre todo con el clima y las características físicas y químicas del agua. Así, la temperatura, las concentraciones de oxígeno disuelto y su relación con los procesos de respiración de los organismos, las sales disueltas

(principalmente sustancias nitrogenadas y fosfatos ligados a fenómenos de eutrofización), entre otros, inciden en el equilibrio ecológico de los humedales, permiten la diferenciación ecológica de los mismos y propician a la vez condiciones que obligan a los seres vivos a especializarse.

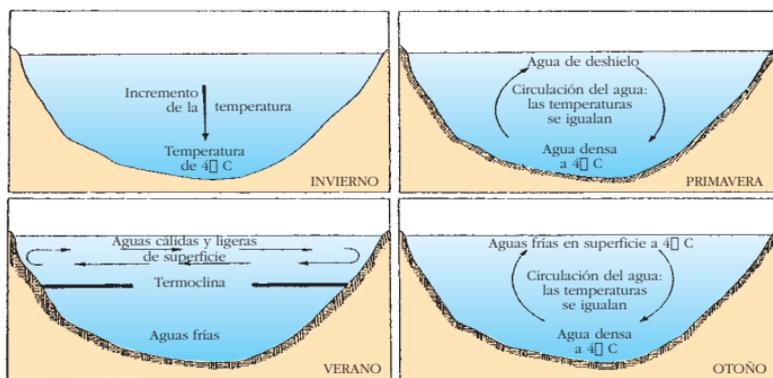


ESTRATIFICACIÓN TÉRMICA

Un parámetro físico como la temperatura permite que en los embalses, lagos y lagunas con suficiente profundidad se genere un proceso de gran interés: la estratificación térmica. La máxima densidad del agua se establece a los 4°C de temperatura y este fenómeno físico genera un régimen térmico periódico, porque en invierno la temperatura de la

superficie del agua es menor que la del fondo. En verano, al contrario, la temperatura de la capa superficial de agua es mayor y flota por encima de la más fría y densa del fondo, que se va calentando muy lentamente. En las estaciones intermedias (primavera y otoño), al igualarse la temperatura a 4°C en toda la columna de agua, se producen la mezcla y recirculación, impulsadas por el viento, tan persistente en Aragón. A consecuencia de ello, los nutrientes acumulados en el fondo se incorporan a la superficie y la concentración de oxígeno se iguala en todo el perfil, provocando un rejuvenecimiento de sus comunidades biológicas. Es como si la sucesión volviera a comenzar cada primavera, en un importante fenómeno de periodicidad anual.

El modelo expuesto correspondería a un lago dimíctico (con dos periodos de mezcla y dos de estratificación cada año). Tal es el caso de los ibones.

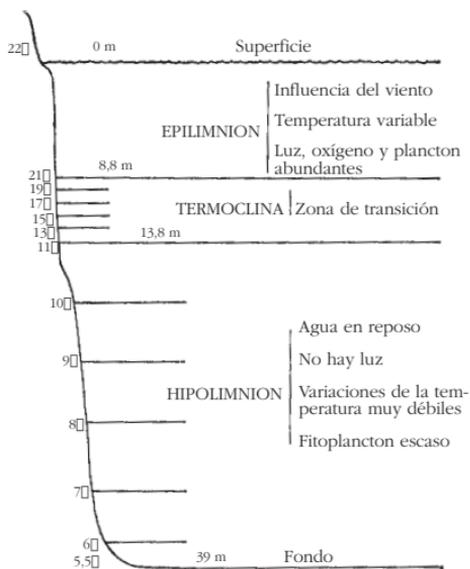


En altitudes más bajas, el modelo funcional es el de los lagos monomíticos, con un solo periodo de estratificación estival-otoñal, que se destruye durante el invierno. Este modelo (el de los embalses) es el más común en Aragón y se estratifica en tres zonas:

EPILIMNION. Zona superficial agitada por el viento, rica en oxígeno disuelto y fitoplancton, bien iluminada y con disminución de temperatura a medida que se baja a capas inferiores.

TERMOCLINA. Zona de transición o intermedia cuya temperatura decrece rápidamente (al menos 1°C / metro).

HIPOLIMNION. Zona profunda que alcanza hasta el fondo, con escaso oxígeno, poco o nada iluminada, pobre en fitoplancton y que se constituye en una trampa de sedimentos. La temperatura oscila muy poco en esta zona a lo largo del año.



PRODUCTIVIDAD

Otro aspecto interesante de los humedales es su productividad, basada fundamentalmente en la cantidad de nutrientes o alimento disponible para las comunidades biológicas. Sobre este estado trófico intervienen muchos factores ecológicos, pero el parámetro que mejor caracteriza el estado nutritivo de los lagos es la concentración de fósforo disuelto, ya que un nivel escaso de fósforo limita la producción biológica de los sistemas de agua dulce. Según la mayor o menor presencia de nutrientes en el agua, se pueden establecer tres categorías de lagos.

Oligotrofos (etimológicamente: poco alimentados): la mayoría son lagos jóvenes con preponderancia de los factores físicos y químicos, siendo secundario el papel de los organismos. También se incluirían en esta categoría los lagos antiguos que no presentan entrada importante de nutrientes, como es el caso de los ibones. En ellos el oxígeno está presente hasta el fondo; se caracterizan por sus aguas claras y azules, su débil productividad y la lenta descomposición de la materia orgánica. Los habitan peces que tienen grandes requerimientos en oxígeno, como los salmónidos.

Eutrofos (etimológicamente: bien alimentados): resultan de la lenta evolución de los oligotrofos. Son poco profundos, de aguas verdes y con escasa transparencia, gran productividad y con fenómenos de descomposición bacte-

riana muy intensos (constituyen la base natural del funcionamiento de las depuradoras de aguas residuales). El plancton es muy abundante en la capa superficial y en profundidad disminuye el oxígeno. En ocasiones de aportes nutritivos intensos (por ejemplo, por contaminación de aguas residuales con alto contenido en fósforo y nitrógeno), pueden propiciarse condiciones de ausencia de oxígeno y fermentaciones con presencia de organismos anaerobios en el fondo, detectables por los gases con olor a podrido que emanan; se habla entonces de “condiciones hipereutróficas”. Los peces de estos lagos tienen menores exigencias de oxígeno; es el caso de los ciprínidos.

Distrofos (etimológicamente: mal alimentados): son lagos oligotróficos cuyas aguas profundas carecen de oxígeno y que se asientan sobre terrenos ácidos con gran concentración en materias húmicas (de humus). Las aguas son ácidas, se tiñen de pardo, la vegetación es escasa y presentan baja productividad.

Esta caracterización natural según la productividad biológica de los humedales ofrece desequilibrios debido a los aportes artificiales como vertidos orgánicos de aguas residuales, con incidencia cada vez mayor en los embalses, que alteran el equilibrio natural entre la producción de oxígeno por fotosíntesis y su consumo por los descomponedores bacterianos que requieren grandes cantidades de este gas para eliminar la materia orgánica excedentaria.

ria (el fenómeno se denomina Demanda Biológica de Oxígeno, D. B. O.). Al mismo tiempo, su descomposición genera nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo que, de no ser retenidos por el sedimento, favorecen las proliferaciones algales en el epilimnion, proceso denominado *eutrofización*. El círculo queda, así, cerrado. El resultado final es una falta de oxígeno (anoxia) en el hipolimnion que producirá una gran mortandad por asfixia entre las comunidades biológicas más necesitadas de este elemento. Los peces son los indicadores más visibles de esta situación.

Estas aproximaciones a los principales conceptos ecológicos básicos sirven para ayudar a la comprensión de la clasificación de los tipos de humedales de Aragón. El lector que desee profundizar en estos y otros muchos aspectos que componen la teoría ecológica (que estudia las relaciones de los organismos con su ambiente) puede consultar la bibliografía, al final de la obra.



Laguna de Tortajada

LOS LAGOS GLACIARES O IBONES



En Aragón, se llama ibones a los lagos o lagunas de alta montaña situados por encima de los 1.700 m, aproximadamente. Según el Catálogo de humedales de la Confederación Hidrográfica del Ebro (C. H. E.), son en total 163, más de la mitad de los cuales está en altitudes de entre 2.200 y 2.400 m. En su estudio pueden distinguirse dos grandes grupos:

Lagos de circo: se hallan en las cabeceras de los valles, suelen presentar un perímetro redondeado, tienen una cuenca de recepción reducida y son los más profundos y oligotróficos.

Lagos de barra rocosa: su forma suele ser alargada, su cuenca de recepción grande, tienen menor profundidad media y son menos oligotróficos.

Ambos tipos se han originado por excavación de cubetas en el fondo de los valles, debido al desgaste producido por lenguas glaciares que ocupaban los Pirineos durante el Cuaternario. Al fundirse los hielos por el calentamiento del último periodo interglaciar, las cubetas se llenaron de agua y, poco a poco, les van llegando sedimentos que acabarán por colmarlas y transformarlas en terrenos encharcados de tipo turbera.

Sus características comunes son:

- Disposición escalonada a lo largo de los valles.
- Pequeñas dimensiones. La mayoría ocupa extensiones entre 1 y 10 ha, aunque excepcionalmente pueden llegar a tener más de 50.
- Profundidad media entre 5 y 25 m, aunque algunos sobrepasan los 70.
- El substrato sobre el que se asienta la mayoría es granítico y, en algún caso, calcáreo.
- Se enclavan en un paisaje típico del piso alpino, prados por encima del límite del bosque, o bien cubetas excavadas en la roca.

La flora y la fauna de los lagos del Pirineo tienen gran interés, sobre todo por las comunidades de plantas acuáticas, invertebrados y anfibios que albergan. Además, poseen gran valor ecológico y paisajístico, por su buen estado de conservación, dado el bajo aporte en nutrientes que reciben sus aguas, lo que los mantiene en estado permanente de oligotrofia. También contribuye a ello la dificultad de acceso en muchos casos, lo cual los ha mantenido hasta hace poco libres de influencia humana. Con todo, a mediados del siglo XIX algunos fueron profundamente modificados por obras de represamiento para su aprovechamiento hidroeléctrico. Más recientemente, la llegada masiva del turismo a las zonas de montaña está suponiendo

do una nueva amenaza para otros, que comienzan a mostrar síntomas de degradación.

El conocimiento detallado de sus comunidades de invertebrados se produjo en la década de los setenta, cuando la Universidad de Barcelona emprendió la recogida de muestras en un total de 150 lagos, unos 40 de ellos aragoneses. Los parámetros físico-químicos de los que se tienen más datos son la temperatura superficial y la alcalinidad. Las temperaturas estivales medidas oscilaron entre los 5° para lagos situados a 2.500 m y los 20° del Ibón de Asnos, a 1.905 m. Los valores más frecuentes están entre 10 y 15°.

Casi el 90% presenta una alcalinidad menor de 0,5 miliequivalentes/litro, con la única excepción de los ibones de Sabocos, Los Asnos y Estanés, cuyos valores oscilan en torno a 1,5 por asentarse sobre substrato calizo. Son cifras muy bajas que implican escasa capacidad de regulación de su pH, que suele variar a lo largo del año entre 6,6 y 8,5. La principal consecuencia de su baja alcalinidad es que son lagos muy sensibles a la contaminación por lluvia ácida: si la hubiera, el valor del pH bajaría notablemente, porque carecen de mecanismos para compensar dicha acidez.

La concentración de nutrientes es siempre baja (lagos oligotróficos). La transparencia de sus aguas permite a la luz penetrar a más de 20 m de profundidad en verano y todos presentan una escasa producción primaria, debida a bajas densidades planctónicas en todos los casos.

Para entender el funcionamiento de estos ibones a lo largo del año puede tomarse como arquetipo un lago grande y profundo, como el Cregüeña. Su capa superficial de agua permanece helada durante todo el invierno y gran parte de la primavera (diciembre-mayo) mientras que el agua del fondo está a unos $4-5^{\circ}$. Durante estos meses hay estratificación inversa, pues el agua más fría es la de la parte superior y la masa más cálida, la del fondo. Paralelamente, los valores de oxígeno disuelto y pH alcanzan cotas mínimas y los escasos nutrientes disponibles (fósforo y nitrógeno, principalmente) se acumulan cerca del fondo.

El acontecimiento más destacado ocurre con el deshielo primaveral, que implica la incorporación de grandes cantidades de agua correspondientes a las precipitaciones



Ibón de Anayet en la cabecera del río Aragón

caídas en invierno, lo que origina una rápida renovación del agua de la cubeta. El proceso, en los lagos más pequeños, se completa en un solo mes. Poco a poco, las aguas superficiales van elevando su temperatura durante el verano hasta alcanzar los 15 o 18°, según la altitud, y esto provoca su estratificación vertical en dos masas de agua: el epilimnion cálido en superficie y el hipolimnion, profundo y frío. Entre ambas capas hay una zona de cambio muy marcado de temperatura, llamada termoclina, que hace de barrera e impide la mezcla y suele situarse sobre los 10 m de profundidad. Al final del otoño, el enfriamiento del agua superficial permite que toda la columna vuelva a mezclarse antes de que la superficie se hiele de nuevo. Este tipo de régimen hace que los lagos pirenaicos sean dimícticos, con dos periodos de mezcla y dos de estratificación cada año.

Los ibones, como lagos oligotróficos que son, mantienen siempre densidades muy bajas de organismos en sus aguas. En el fitoplancton, las algas son de distribución cosmopolita, es decir, que se las encuentra por todo el mundo. Lo primero que llama la atención es que suelen ser formas de pequeño tamaño, perteneciendo en su gran mayoría al grupo de las Clorofíceas. En casi todos dominan los géneros *Chromulina* y *Ochromonas*; mientras que en los de aguas más frías abundan especies del género *Dinobryon*. Cuando los lagos presentan síntomas de eutrofización, se encuentran otros géneros como *Sphaerocystis*, *Tetrastum* y *Chlamydomonas*.

La composición del plancton también varía a lo largo del ciclo anual: en primavera proliferan las Diatomeas coloniales como *Asterionella* y *Tabellaria* hasta que se agotan los pocos nutrientes disponibles. Llegado el verano, toman el relevo las Crisofíceas y las Clorofíceas y en el epilimnion permanecen algunas Diatomeas como *Cyclotella*, para ceder el paso a otras especies en otoño. En invierno, ya bajo la cubierta de hielo, dominan las Dinoflageladas y las Crisofíceas.

Los estudios del zooplancton realizados en los años 70 por MIRACLE citan un total de 48 especies de Crustáceos, 29 de ellos Cladóceros y 17 Copépodos divididos en dos grupos, Diaptómidos y Ciclópidos, a los que hay que sumar una docena de Rotíferos.

En el caso de los lagos del Pirineo aragonés, las comunidades zooplanctónicas son poco complejas. Destacan por su presencia tres especies de Diaptómidos (la más frecuente es *Dyaptomus cyaneus*); tres de Ciclópidos (el más frecuente es *Cyclops abyssorum*); nueve de Cladóceros con *Daphnia longispina*, *Alona affinis* y *Chydorus sphaericus* a la cabeza, y seis de Rotíferos, con presencia más irregular, pero dominada por *Kellicotia longispina* y *Polyarthra dolichoptera*.

Las comunidades de orillas y fondo están formadas en su gran mayoría por organismos litorales como *Eucyclops serrulatus* (citado en 15 lagos) *Chydorus sphaericus*

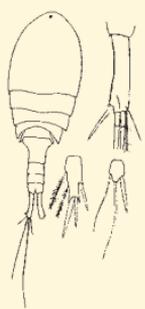
(20 presencias) y *Alona affinis* (17) como especies más representativas. A esto hay que añadir la importante aportación que supone el bentos (las comunidades de plantas y animales que viven fijados sobre el fondo) a la producción

ESPECIES REPRESENTATIVAS DEL PLANCTON DE LOS IBONES

COPEPODOS

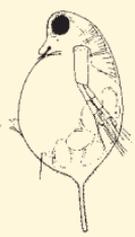


Cyclops abyssorum

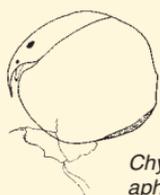


Eucyclops serrulatus

CLADÓCEROS



Daphnia longispina



Chydorus aphericus



Alona affinis

ROTÍFEROS



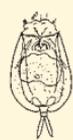
Asplanchna priodonta



Kellicotia longispina



Keratella quadrata



Euclanus dilatata



Polyarthra dolichoptera

primaria total, así como su destacado papel como lugar de alimentación y puesta de los vertebrados que viven en estos medios.

Comenzando por los productores primarios bentónicos, destaca la presencia de importantes macrófitos como las Fanerógamas *Sparganium angustifolium* (la más extendida en casi un 60% de ibones), *Ranunculus aquatilis* y varias especies de los géneros *Potamogeton* y *Myriophyllum*, así como el alga *Nitella*. La mayoría de los lagos situados entre



Lago de Urdiceto en la cabecera del río Cinca. Aspecto invernal

2.000 y 2.400 m tienen comunidades formadas por estas plantas, ausentes en los de mayor altitud. Mención especial merecen algunos ibones que poseen plantas amenazadas o de interés nacional según los criterios aplicados por CIRUJANO y otros (1992). Viviendo sobre estas comunidades de plantas hay gran cantidad de consumidores primarios, caracoles como *Limnaea*, coleópteros como *Donacia* y numerosas formas larvarias de insectos con dominancia de Tricópteros, Efemerópteros y Dípteros. En las zonas más profundas se citan especies de Quironómidos como *Tanytarsus* y también Oligoquetos como *Tubifex* y *Limnodrilus*.

Se llega así a la cima de las cadenas tróficas. Entre los peces están el piscardo, *Phoxinus phoxinus*, y la bermejuela *Rutilus arcasii*, además de cuatro especies de truchas: *Salmo trutta fario* (trucha común), con gran mezcla genética por repoblaciones hechas en el pasado con animales de

Nombre del ibón	Especies de plantas presentes y categoría	
	(Am) Amenazada	(InN) Interés Nacional
Angliós Plan	<i>Nitella capillaris</i> <i>Potamogeton gramineus</i> <i>Potamogeton perfoliatus</i>	<i>Potamogeton alpinus</i>
Sabocos	<i>Potamogeton gramineus</i>	
Piedrafita	<i>Potamogeton praelongus</i>	<i>Potamogeton alpinus</i>
Estanés	<i>Subularia acuática</i>	<i>Nitella syncarpa</i>
Anayet		<i>Potamogeton alpinus</i>

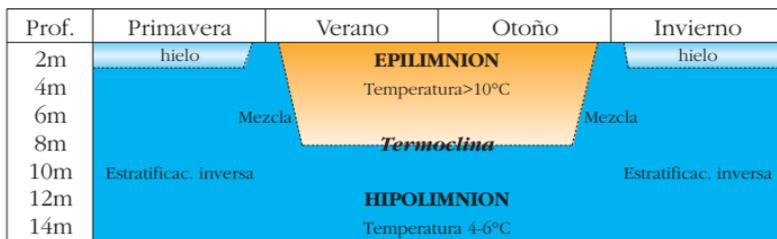
procedencias diversas; *Oncorhynchus mykiss* (trucha arco iris), de origen americano pero que hibrida bien con la anterior; *Salvelinus fontinalis* (trucha de fontana), también introducida, y *Salvelinus alpinus* (trucha alpina) que se soltó en muchos ibones. De estas dos últimas especies se desconoce su situación actual en el Pirineo.

Entre los Anfibios destacan la rana común *Rana perezi*, la bermeja *Rana temporaria* y la pirenaica *Rana pyrenaica*; el tritón pirenaico *Euproctus asper* es especie endémica que vive en los remansos de fondos pedregosos; el tritón palmeado *Triturus helveticus*, muy abundante en algunos ibones; la salamandra común *Salamandra salamandra*; el tritón jaspeado *Triturus marmoratus* que sólo está presente en la Jacetania y Serrablo; el sapo común *Bufo bufo* y el sapo partero *Alytes obstetricans*, ambos muy abundantes; el corredor *Bufo calamita* y la ranita de San Antonio *Hyla arborea*.

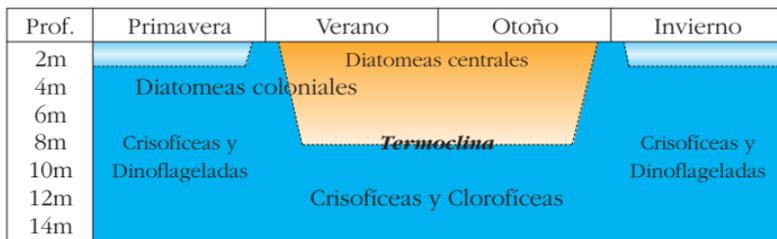
Los Reptiles sólo están representados por una especie, la culebra viperina *Natrix maura*; las Aves son también escasas pues sólo dos especies pueden considerarse ligadas a los ibones: la polla de agua *Gallinula chloropus* y el ánade real *Anas platyrhynchos*.

Algunos Mamíferos de las orillas de los lagos serían la rata de agua *Arvicola sapidus*, la rata de agua septentrional *Arvicola terrestris* que convive con la anterior en todo el Pirineo central y el musgaño patiblanco *Neomys fodiens*.

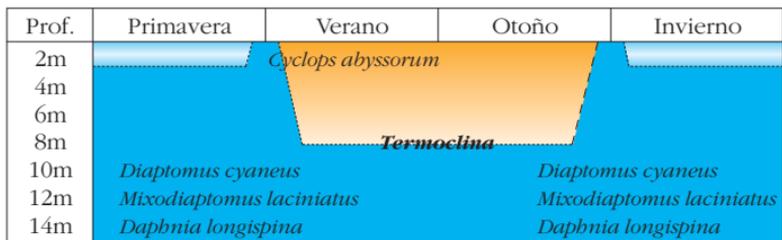
1. CICLO ANUAL DE UN IBÓN PIRENAICO TÍPICO



2. DISTRIBUCIÓN DEL FITOPLANCTON SEGÚN ÉPOCA DEL AÑO



3. DISTRIBUCIÓN DEL ZOOPLANCTON A LO LARGO DEL AÑO



EL ENDORREÍSMO EN ARAGÓN



Los fenómenos endorreicos, constituidos por cuencas hidrográficas y plataformas que presentan un drenaje nulo o muy deficiente a la red fluvial, alcanzan en España tal extensión e importancia que suponen un rasgo fundamental para definir la fisiografía de la Península Ibérica. Las tres comarcas endorreicas españolas más significativas en extensión y singularidades son la Aragonesa, la Bética y la Manchega.

Las causas del endorreísmo son diversas: por un lado, geomorfológicas (depresiones causadas por movimientos tectónicos o colapsos y hundimientos por disoluciones locales) y, por otro, climáticas, por presencia de vientos desecantes y erosivos, escasas e irregulares precipitaciones (que no son capaces de cambiar la tendencia de estas superficies y darles salida a la red fluvial) y elevadas temperaturas, con alta evaporación y abultado déficit hídrico. Debe añadirse un substrato impermeable, de extensión y profundidad suficientes para que las aguas de superficie queden atrapadas. Todo ello genera condiciones óptimas para el desarrollo de lagunas, lagunazos, saladas, salinas, balsas, balsetes, hoyas y albercas, que son algunas de las denominaciones dadas a los humedales asociados a los fenómenos endorreicos. Estos factores determinan una gran variedad de formas y características físico-químicas

del agua, así como de comunidades biológicas que deben adaptarse a condiciones tan extremas; lo que da lugar a singularidades, algunas de importancia internacional.

SALINIDAD

Una de estas singularidades es la elevada concentración en sales de las aguas, que propicia comunidades muy especializadas y más propias de ambientes marinos, estuarios o lagunas litorales. La salinidad puede variar tanto a lo largo del año como entre años secos y lluviosos. También es destacable la disminución de la cantidad de sal a medida que nos alejamos de la orilla lagunar, lo que se traduce en una serie de orlas o bandas de vegetación ordenada según la tolerancia a la inundación y a la salinidad. El viento se encarga de reordenar estas orlas al acumular dichas sales en lugares concretos, dependiendo de las direcciones dominantes, y al formar dunas que, además, recogen diversos materiales orgánicos y se constituyen en ambientes singulares en sus orillas.

Los ejemplos más significativos de estas lagunas saladas son la Cuenca Endorreica de Gallocanta (provincias de Zaragoza y Teruel), con las particularidades de situarse en una cota superior a los 1.000 m y de ser la más extensa de todas, con una superficie aproximada de 1.327 ha; y las Saladas de Chiprana (Zaragoza), que disponen de agua hipersalina permanente, con escasa fluctuación a lo largo del año y cubetas con profundidades de 5 m. Otros encla-

ves de gran interés son la plataforma endorreica situada entre Bujaraloz, Peñalba y Sástago (Zaragoza) y las Saladas de Alcañiz (Teruel), y los núcleos endorreicos de Borja-Tarazona, Cinco Villas (próximo a Sádaba y Ejea de los Caballeros) y Belchite, más alterados.

ENDEMISMOS

Estas salinas o saladas han fomentado la presencia de especies muy adaptadas, entre las que destaca el crustáceo ostrácodo *Eucypris aragonica* (Brehm y Margalef, 1948), descubierto en la Laguna de Piñol y que constituye un endemismo único en el mundo, pues se encuentra solamente en once lagunas saladas de la plataforma endorreica de Peñalba-Bujaraloz-Sástago. Este consumidor primario presenta formas de resistencia que comparte con otros organismos acuáticos que habitan estas lagunas temporales. Así, llegada la época desfavorable que supone el largo periodo de sequía, todos ellos presentan quistes, esporas o huevos que les permiten desarrollarse y recuperar sus poblaciones cuando las condiciones de humedad y temperatura son favorables. Incluso pueden soportar largos periodos de congelación.

TAPETES MICROBIANOS

Otra singularidad de esta vida acuática son los *tapetes microbianos*, asociaciones de microorganismos que se



Cuenca endorreica de Gallocanta

estructuran en los fondos de las lagunas y que aúnan los sedimentos nutritivos junto a una gran abundancia de bacterias y algas. Estas estructuras óganosedimentarias de naturaleza laminar tienen parecidos con las que surgieron en los primeros momentos del desarrollo de la vida en la Tierra hace 3.500 millones de años y son conocidas con el nombre de estromatolitos.

El estudio de estos tapetes ha despertado gran interés en los investigadores, pues parecen conducir hasta los orígenes mismos de la vida. Se han analizado los de la laguna de Chiprana, gracias a la particularidad de una capa más

salina en el fondo con estratificación casi permanente (quimioclina), en unas condiciones que no es posible encontrar en el resto de lagunas esteparias del interior, generalmente someras y temporales. Estos tapetes se apoyan sobre un sedimento, negro por la presencia de sulfuro de hierro generado por la actividad de las bacterias sulfatorreductoras de la capa más profunda.

La Laguna Salada de Chiprana es una de las más singulares del endorreísmo aragonés e ibérico debido a esta proliferación de comunidades bacterianas tan particulares. Su ambiente de aguas hipersalinas permanentes de composición dominante sulfatado-magnésica ofrece grandes ventajas para el desarrollo de múltiples estudios de ecología



Laguna Salada de Chiprana

microbiana y de limnología de ambientes extremos. La entrada de agua dulce, proveniente de los regadíos de su entorno, está ocasionando una disminución del carácter forzado de este ambiente y de su singularidad ecológica.

ORNITOFAUNA

En los años de agua abundante, las comunidades biológicas asociadas a las lagunas saladas presentan una elevada biomasa de organismos productores primarios y secundarios, lo que permite que las lagunas actúen como colectoras de aves en época de migración e invernada. Allí permanecen las anátidas pastando en las praderas de plantas acuáticas o las limícolas mariscando los abundantes artrópodos en las orillas. Así, en enero de 1980 (V. ENA y F. J. PURROY) se censaron 105.170 aves en la Laguna de Gallocanta, con 58.100 individuos de porrón común (*Aythya ferina*), 18.920 patos colorados (*Netta ruffina*), 17.150 fochas (*Fulica atra*), 2.850 ánades silbones (*Anas penelope*), 2.500 ánades frisos (*Anas strepera*), 2.010 patos cuchara (*Anas clypeata*) y 1.910 ánades reales (*Anas platyrhynchos*), entre otras.

No obstante, la importancia de la Laguna de Gallocanta se ha visto mermada por la persistente sequía que ha soportado en los últimos años, que ha contribuido a la falta de agua en grado que no favorece la existencia de las plantas acuáticas (macrofitos, sobre todo las praderas de

caraceas, con especies de flora amenazada como *Chara pedunculata* y *Chara virgata* además de *Lamprothamnium papulosum* y la abundante *Chara galioides*). Esas plantas son elemento indispensable para la invernada de los patos buceadores. Potencialmente hay muy pocos lugares en los que se den las condiciones idóneas que ofrece la Laguna de Gallocanta para acoger poblaciones tan numerosas; es probable que, si mejoran las condiciones hidrológicas, puedan volver a contabilizarse censos tan importantes de aves en invernada.

Igual funcionalidad como hábitat para aves acuáticas tiene, aunque en menor grado, el mosaico de lagunas endorreicas dispersas por el Aragón más árido; destaca entre ellas una cuenca endorreica reconvertida a balsa de regulación de riego, la Laguna de Sariñena, con una invernada en el censo citado (1980) de 11.198 aves. Aumentos sucesivos han llevado, en el de 1991, a 22.276 aves (sumadas las acuáticas y las limícolas).

Estos hábitats son imprescindibles para las aves migratorias como lugares de descanso y alimentación, pues precisan de un rosario de zonas húmedas durante el trayecto. La Laguna de Gallocanta se ha convertido en el punto de reunión más importante de Europa para la grulla común (*Grus grus*): en ella recala una media de 10.000 individuos (en ocasiones se llega a casi 60.000). La alimentación de las grullas depende de los cultivos agrícolas de la cuenca y de



Laguna del Rebollón, de la plataforma Monegros Sur



Salada de La Sulfúrica

su entorno (sobre todo, de cereales); algunos ejemplares, incluso, se quedan si el invierno no es extremadamente frío. Esto corrobora la necesidad de elaborar, mediante la adecuada ordenación territorial, pautas y criterios que ayuden a integrar el medio natural y el agrario. Estos humedales asociados a procesos endorreicos constituyen verdaderas joyas del patrimonio natural que es necesario proteger y salvaguardar de actividades que los degraden, ya que, además, la salud de los otros ecosistemas aragoneses tiene en ellos una base muy importante.

Nuestro inventario de las más importantes manifestaciones endorreicas en Aragón se basa en los datos del *Catálogo de Zonas Húmedas* del Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro (1998); éste, a su vez, mientras no se elabore el *Inventario Nacional de Zonas Húmedas*, incluye el elaborado por la Dirección General de Obras Hidráulicas (1990). También se ha recurrido a otros autores (entre ellos, C. Pedrocchi, M. Alonso y M. Comelles).

En Aragón hay 47 manifestaciones que pueden calificarse como endorreicas, clasificadas según su importancia regional, nacional o internacional; no figuran en el cuadro de importancia local o de pequeña entidad. De ellas, tan sólo cuatro tienen alguna figura de protección legal específica (Laguna de Gallocanta, las dos Saladas de Chi-prana y la Laguna de Sariñena), dato ilustrativo del escaso esfuerzo de conservación de que han sido objeto por parte de la Administración.

DENOMINACIÓN	MUNICIPIO Y COMPLEJO ENDORREICO	SUPERFICIE (Hectáreas)	IMPORTANCIA Y ESTATUS
Laguna de Gallocanta	GALLOCANTA, BERRUECO, BELLO, LAS CUERLAS, TORNOS (CG)	1,327	Internacional (1, 2, 3)
Laguna de la Zaida	USED (CG)	163,63	Internacional
Laguna de Guialguerrero	CUBEL (CG)	6,62	Nacional
Balsa Grande	USED, SANTEDE (CG)	2,7	Nacional
Balsa Pequeña	SANTEDE (CG)	1,95	Nacional
Las Agustinas	ODÓN (CG)	2,48	Regional
Salada de Chiprana	CHIPRANA (SC)	20,58	Internacional (1)
La Salobresa o de las Rocas	CHIPRANA (SC)	2,81	Internacional (1)
Laguna de la Playa	SÁSTAGO (PBS)	192	Internacional
Salina del Camarón	SÁSTAGO (PBS)	29	Internacional
Salina de la Muerte	SÁSTAGO (PBS)	10	Internacional
Salina de Piñol	SÁSTAGO (PBS)	11	Internacional
Laguna de Guallar	SÁSTAGO (PBS)	8	Internacional
Salina del Rollico	SÁSTAGO (PBS)	30	Internacional
Salina del Rebollón	SÁSTAGO (PBS)	11	Internacional
Laguna del Pez	SÁSTAGO (PBS)	5,47	Internacional
Laguna de Pueyo	SÁSTAGO (PBS)	18	Internacional
Laguna de Pito	SÁSTAGO (PBS)	53	Internacional
El Salobral	BUJARALOEZ (PBS)	8,99	Internacional
El Saladar	BUJARALOEZ (PBS)	29,27	Internacional
La Salineta	BUJARALOEZ (PBS)	16,46	Internacional
Laguna de Pozo Agustín	BUJARALOEZ (PBS)	46,6	Internacional
Clota Corral Viejo	BUJARALOEZ (PBS)	5,68	Internacional
Amarga Baja	PEÑALBA, FRAGA (PBS)	10,16	Internacional
Amarga Alta	PEÑALBA (PBS)	8,06	Internacional
Salada Grande	ALCAÑIZ (SA)	35	Internacional
Salada Pequeña	ALCAÑIZ (SA)	9	Internacional
S. de la Jabonera de las Torrazas	ALCAÑIZ (SA)	8,28	Internacional

Salada de Agón o de las Lagunas	AGÓN (NB)	6,45	Internacional
Las Lagunas 1	BISIMBRE (NB)	6,08	Regional
La Estanca	BORJA (NB)	14,93	Regional
Balsa del Planerón	BELCHITE	22	Regional
Balsa la Salada	CALANDA	10,62	Internacional
Lagunazo de Moncayuelo	EJEA DE LOS CABALLEROS (ACV)	16,16	Regional
El Lagunazo	EJEA DE LOS CABALLEROS (ACV)	3,19	Regional
Estanca del Gancho	EJEA DE LOS CABALLEROS (ACV)	16,46	Regional
Estanca de Castiliscar	CASTILISCAR (ACV)	11,82	Regional
Pantánico del Vedado	SÁDABA (ACV)	7,74	Regional
El Basal	BALLOBAR (NSM)	31,16	Regional
El Basalet de don Juan	BALLOBAR (NSM)	3,17	Regional
Balsa Fortiz	MONEGRILLO (NSM)	1,77	Regional
Laguna de Sariñena	SARIÑENA	261,08	Regional (2)
La Sulfúrica	ZARAGOZA	8	Internacional
Laguna de Bezas	BEZAS	11,78	Regional
Balsa del Pinar	RUBIALES	4,91	Regional
Laguna de Tortajada	TERUEL	2,94	Nacional
Balsa Valjunquera o Martina	VALJUNQUERA	0,1	Regional

ESTATUS DE PROTECCIÓN:

1. Convenio Ramsar
2. Refugio de Fauna Silvestre
3. Zona de Especial Protección para las Aves

COMPLEJO LAGUNAR:

- CG: Cuenca Endorreica de Gallocanta.
 SC: Saladas de Chiprana.
 PBS: Plataforma Endorreica de Bujaraloz-Peñalba-Sástago.
 SA: Saladas de Alcañiz.
 NB: Núcleo Endorreico de Borja.
 ACV: Área Endorreica de las Cinco Villas.
 NSM: Núcleo Endorreico del Sector Norte de Monegros.

HUMEDALES ARTIFICIALES



Son zonas húmedas modificadas por los distintos usos y actividades económicas a que las ha destinado el hombre: piscicultura, actividades agrícolas, saneamiento de aguas residuales, graveras y salinas, entre otros. Todas tienen en común su alejamiento de los ciclos de la naturaleza —especialmente, del ciclo del agua—, ya que las mejores condiciones hidrológicas del humedal no dependen de las épocas más lluviosas sino del uso para el que está diseñado: balsas de regulación de riego, explotación para la obtención de sal, estanques temporales para la depuración de aguas residuales por el sistema de “lagunaje”, arrozales, etc. Esto determina la existencia de ambientes acuáticos a los que difícilmente pueden adaptarse comunidades estables de flora y fauna, ganando en esta adaptación las especies más cosmopolitas y oportunistas.

No obstante, para las aves acuáticas estos humedales artificiales son ecosistemas de gran importancia, pues los utilizan temporalmente para la invernada o la reproducción. No tienen que soportar fluctuaciones en los volúmenes de agua, a las que sí están sometidas comunidades como las piscícolas y los anfibios.

Un ejemplo singular de estas condiciones se produjo con la conversión de la cuenca endorreica de la Laguna de

Sariñena en una balsa de regulación de riego, lo que provocó aumento del volumen del agua embalsada con los excedentes de las acequias entre los años 1976 y 1980. El aporte de agua dulce acarrió cambios notables en su salinidad y eutrofia, aumentó la diversidad de ambientes y comenzó la invasión de peces (gambusias, carpas) y anfibios (rana común) y, como colofón, se produjo un incremento espectacular de las aves, tanto en individuos como en especies nidificantes, invernantes o en paso. La laguna se ha convertido en un ecosistema altamente productivo, único en la región y notable por su interés científico, didáctico y cinegético.



Laguna de Sariñena

La consolidación y el aumento del humedal se vieron frenados por un plan de desecación parcial y regulación, adaptado a los planes de regadío, que no tuvo en cuenta las comunidades de flora y fauna presentes, lo que propició un descenso del volumen de agua que afectó a los peces y produjo una gran mortandad en el primer año por falta de alimento, más la desaparición de las plantas acuáticas y una gran predación de invertebrados, quedando las carpas como especie controladora del ecosistema acuático. A su vez, generó la sustitución de unas especies de aves por otras, como en el caso de la invernada de la gaviota reidora (*Larus ridibundus*) que pasó de 60 individuos (1979) a 8.000 (1991), o la focha (*Fulica atra*) que de 1.200 (1979) pasó a sólo 6 (1991; C. Pedrocchi). En la reproducción fue la gaviota reidora, con 250 parejas nidificantes (1991), la que más partido sacó a estas condiciones impuestas por las necesidades agrícolas.

Todo ello ilustra sobre los efectos en las comunidades biológicas de estas fuertes oscilaciones no naturales y sobre la importancia que tienen su consideración y la aplicación de medidas correctoras para minimizarlas o reducirlas. Casos similares han ocurrido en otros núcleos endorreicos de Aragón, como el de Cinco Villas, citado en el apartado anterior.

Las salinas son también espacios singulares entre estos humedales artificiales, como explotación tradicional de interés económico, que han permanecido en algunos encla-

ves aragoneses; destacan entre ellas, por su inclusión en el *Inventario de Zonas Húmedas con Importancia Nacional*, las de Guibano y Pisa (en Naval), el Salinar de Peralta (en Peralta de Calasanz) y las Salinas de Valdehierro (en Nuévalos).

Finalmente, hay abundantes balsas y balsetas que forman un mosaico entre ambientes áridos y que se encuentran claramente ligadas al uso ganadero como abrevaderos. Suelen ser pequeñas cubetas naturales donde se acumulan las aguas de escorrentía que, previo recrecimiento, se han aprovechado para su almacenamiento, con lo que en ocasiones han pasado a convertirse en balsas de gran entidad acompañadas de vegetación y con una fauna de crustáceos (*Daphnia*, *Eucyclops*) junto a larvas de quironómidos y otros dípteros, heterópteros, coleópteros y odonatos. La repoblación de algunas de estas balsas con peces ha generado notables desequilibrios. Pero debe destacarse sobre todo su importancia para la reproducción de los anfibios, pues se ha constatado que, en caso de albergar agua en primavera, se concentran en ellas individuos reproductores procedentes de áreas situadas a más de 20 km. En estos ambientes, la disponibilidad de agua en primavera y la conservación de su calidad son vitales para la salvaguarda de las poblaciones de anfibios. Entre las aves acuáticas que las pueblan destacan la polla de agua *Gallinula chloropus*, el zampullín *Podiceps ruficollis* o, más ocasionalmente, la focha y el ánade real.

LAGUNAS CÁRSTICAS



Los lagos cársticos son masas de agua que ocupan actualmente cubetas o depresiones formadas por disolución y hundimiento posterior de rocas calizas o yesos (materiales de las eras Mesozoica o Cenozoica).

Los carst son frecuentes en Aragón, pero no así las lagunas de este origen. En el Catálogo de Humedales de la C. H. E. sólo constan como tales los estanques de Arriba, Grande y Pequeño de Estaña (Benabarre) y la laguna de Ojos Pardos (Abanto).

El complejo más importante de Aragón y el mejor estudiado es el de las Balsas de Estaña (Huesca). Se trata en realidad de cinco *poljes* (cubetas en forma de embudo invertido) inundados que se asientan sobre materiales calizos o margosos a una altitud de 670 m. El más conocido es el Estanque Grande, de unos 850 m de longitud y 340 de anchura máxima. El lago, en forma de ocho, reúne las dos depresiones mayores, actualmente separadas por una estrecha barra central de sólo 2 m de profundidad. La cubeta menor, al NE, tiene unos 12-14 m de profundidad, mientras que la mayor alcanza los 20, aunque los datos están sujetos a importantes variaciones en función del clima, pues en periodos secos como la última década, el nivel del agua desciende tanto que las cubetas llegan a

individualizarse. La zona no recibe ningún afluente de superficie, por lo que sus pérdidas por evaporación han de ser compensadas mediante surgencias en el fondo de las propias cubetas.

Situado en un entorno típicamente mediterráneo, este lago está rodeado de cultivos cerealistas de secano, lo que no impide que se mantenga un buen cinturón de vegetación litoral donde están presentes dos especies de espadañas (*Typha*), el carrizo (*Phragmites australis*), juncos de los géneros *Scirpus* y *Juncus* y especies tan representa-



Lago Grande de Estaña

tivas como la masiega *Cladium mariscus* y el malvavisco *Althaea officinalis*. Esta vegetación es quemada regularmente a finales del invierno por los lugareños.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LAS AGUAS

Por tratarse de lagunas que se han originado por disolución de materiales yesosos y calizos, sus aguas presentan una elevada cantidad de sulfatos y carbonatos, lo que se traduce, por un lado, en escasa transparencia del agua y, por otro, en valores de alcalinidad moderadamente elevados, con mínimos en el epilimnion en verano, mientras que los máximos se alcanzan en el fondo de las cubetas a finales de octubre (3,5 miliequivalentes/litro). El pH del agua superficial es muy constante a lo largo del año: oscila entre valores de 8,1 a 8,5, como corresponde a aguas bien equilibradas, mientras que en el fondo se producen más variaciones, con valores de 7,7 a 8,3.

Sobre las sales minerales, nutrientes para el plancton, cabe destacar que los fosfatos son escasos en Estaña, con notable incremento primaveral seguido de un descenso rápido durante el verano; los nitratos presentan valores moderados en invierno para descender rápidamente en primavera y mantenerse así el resto del año. Los valores bajos de ambos nutrientes se deben a una intensa absorción por las células que forman el fitoplancton, muy abundante en primavera y verano.

EL CICLO ANUAL

El funcionamiento de estos ecosistemas puede comprenderse fácilmente analizando la evolución anual de dos parámetros: la temperatura del agua y el oxígeno disuelto. A comienzos de primavera (marzo), y por el calentamiento de las aguas superficiales, se inicia la diferenciación de dos masas de agua claramente distinguibles por los valores de ambos parámetros. La temperatura aumenta de modo lento al principio (1° cada 20-25 días) para acelerarse durante el verano (1° cada 10 días), lo que produce valores superficiales de 25-27° en la primera semana de agosto. Durante todo el verano, el lago mantiene un epilimnion caracterizado por agua caliente y moderadamente rica en oxígeno (75% de saturación) que alcanza los 8 m de profundidad y un hipolimnion a partir de 10 m, con aguas frías (8-10°) y muy deficitarias en oxígeno o carentes por completo de él (anoxia).

Otro aspecto curioso de las aguas del fondo, relacionado con la anoxia, es su elevado contenido en sulfhídrico, con valores de más de 90 mg/l, lo que permite el crecimiento de una importante población de bacterias rojas fotosintéticas (*Chromatium*) en la termoclina.

En otoño, por el enfriamiento del agua superficial, la temperatura se hace uniforme en todo el lago, con valores cercanos a los 9° a fines de noviembre, para bajar luego

1. CICLO ANUAL DE UN LAGO MONOMÍCTICO

Prof.	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
2m	Mezcla	EPILIMNION Temperatura > 10°C		Mezcla vertical
4m				
6m				
8m		Termoclina		
10m		HIPOLIMNION Temperatura 4-6°C		
12m				
14m				

2. DISTRIBUCIÓN DEL FITOPLANCTON SEGÚN PROFUNDIDAD Y ÉPOCA DEL AÑO

Prof.	Primavera	Verano	Otoño	Invierno		
2m	Mezcla	Clorofíceas y Cianofíceas		Mezcla vertical		
4m		<i>Planctonema</i>	<i>Anabaena</i>		Diatomeas	
6m			Dinoflageladas			
8m		Crisofíceas	Termoclina		Dinoflageladas	
10m		Criptofíceas				Clorofíceas
12m			Clorofíceas		Cianofíceas	
14m			<i>Euglena</i>		<i>Oscillatoria</i>	

3. DISTRIBUCIÓN DEL ZOOPLANCTON A LO LARGO DEL AÑO

Prof.	Primavera	Verano	Otoño	Invierno		
2m	Mezcla	<i>Diaphanosoma brachyurum</i> <i>Cyclops abyssorum</i> <i>Termocyclops dibowski</i>		Mezcla vertical		
4m						
6m		<i>Tropocyclops prasinus</i>	<i>Anuraeopsis fissa</i>		<i>T. prasinus</i>	
8m			Termoclina		<i>Daphnia longispina</i>	
10m						
12m		<i>Polyartha dolichoptera</i>				<i>Keratella quadrata</i>
14m		<i>Filinia terminalis</i>				

a 5°, que es la temperatura mínima a que se llega a fines de enero. Durante el otoño–invierno no hay estratificación, sino que el agua se encuentra mezclada en su totalidad. Se trata de agua fría y progresivamente enriquecida en oxígeno. El ciclo vuelve a iniciarse cada primavera, de acuerdo con la evolución climática del año. En resumen, el funcionamiento de este lago permite clasificarlo como monomíctico.



Lago Pequeño de Estaña

LAS COMUNIDADES PLANCTÓNICAS

Estaña se caracteriza por una rica comunidad de seres vivos. En los años ochenta se constató la presencia en el fitoplancton de más de noventa especies de algas, destacando por su abundancia tres grupos: Diatomeas, Clorofíceas y Dinoflageladas. En el zooplancton había más de treinta especies representadas, entre ellas cuatro Copépodos y seis Cladóceros (el resto eran Rotíferos).

El estudio de su ciclo anual revela que, al iniciarse la primavera, el agua está totalmente mezclada y ofrece oportunidades para especies de proliferación rápida, puesto que los recursos abundan. En ese momento se desarrollan los productores primarios oportunistas y de pequeño tamaño, como Diatomeas centrales, Crisofíceas y Criptofíceas.

Con la llegada del verano se nota un incremento en la diversidad. En el epilimnion se instalan numerosas algas Clorofíceas (el género *Planctonema* es el más abundante); abundan especies de *Chlorella*, *Chodatella*, *Tetradron*, e incluso de Cianofíceas como *Anabaena* y *Gomphosphaeria*. En el hipolimnion de aguas oscuras, frías y pobres en oxígeno, abundan especies de *Euglena* y *Oscillatoria*. A finales del verano, en un ambiente pobre en nutrientes, las Clorofíceas de la parte superior son sustituidas por algas Dinoflageladas que tienen mayor biomasa, viven más tiempo y se reproducen más despacio. Entre ellas dominan las especies de *Peridinium*.

A mediados de otoño, el agua vuelve a mezclarse por completo y aparecen nuevas condiciones de vida, instalándose especies invernales, caracterizadas por la presencia de Diatomeas (varias especies del género *Cyclotella*) acompañadas durante todo el invierno por Dinoflageladas como *Peridinium* y Clorofíceas como *Chlamydomonas*. Ya al final del invierno aparecen otros géneros de los grupos de algas Crisofíceas y Criptofíceas, que persistirán a lo largo de toda la primavera.

En el zooplancton, las comunidades se suceden de forma parecida: en las aguas estratificadas estivales dominan dos Copépodos, *Cyclops abyssorum* y *Thermocyclops dibowskii*, un Cladóceros, *Diaphanosoma brachyurum*, y el Rotífero *Anuraeopsis fissa*. El resto del año son más frecuentes *Tropocyclops prasinus*, un Copépodo de aguas templadas y buen colonizador de todo tipo de ambientes, *Daphnia longispina*, un Cladóceros de aguas eutróficas, y los Rotíferos *Keratella quadrata*, *Polyarthra dolichoptera* y *Filinia terminalis*.

LOS EMBALSES



Los embalses o «pantanos» son lagos artificiales creados por el hombre al interponer una presa en el cauce de un río. Se trata de alcanzar, con ello, varios objetivos: producir electricidad, almacenar agua para abastecimiento de poblaciones o para riego, laminar avenidas y, en general, una mejor regulación del caudal.

Sin tener en cuenta aquí sus impactos negativos sobre las poblaciones asentadas, que los hay y muy importantes, resaltaremos su aspecto de nuevos ecosistemas, de carácter intermedio entre el río preexistente y los lagos de altitudes parecidas. Estos ecosistemas se caracterizan por un permanente desequilibrio con la cuenca en que se asientan, pues no cesan de recibir aportes de sedimentos procedentes de ella; los cuales, por un lado, representan más nutrientes y, por otro, reducen paulatinamente la profundidad del vaso y, como consecuencia, el volumen de agua embalsada.

La relación entre el volumen de agua embalsada y el de agua entrante, que se conoce como *tiempo de renovación*, es un parámetro clave a la hora de determinar las especies que se instalan. En principio, los que se dedican exclusivamente a producción de electricidad tienen tiempos de renovación más largos y constantes a lo largo del año, mientras que los dedicados a riego se llenan durante el

invierno-primavera y se vacían durante el verano-otoño en un ciclo que se repite cada año, por lo que su tasa de renovación es mucho mayor. En el primer caso, las condiciones limnológicas se parecen más a un lago natural; mientras que una tasa alta implica mayor parecido a un río.

Otro dato importantísimo para explicar las comunidades de organismos que los pueblan es el grado de mineralización de las aguas, es decir, la cantidad de carbonatos, sulfatos y cloruros que contienen sus aguas. Utilizando este criterio pueden dividirse los embalses aragoneses en tres grandes grupos.

Grupo I. *Embalses con baja mineralización de sus aguas.*

Se encuentran en la periferia de Aragón, al norte o al sur. Su agua es de excelente calidad, por su procedencia pirenaica o del Sistema Ibérico. Muestran siempre valores bajos de alcalinidad y de otros parámetros, tal y como se aprecia en la tabla siguiente.

Embalse	Alcalinid. meq/l	Sulfatos	Cloruros	Ca mg/l	Mg/mg/l	Na mg/l	K mg/l
Canelles	Mín. 2,08 Máx. 2,13	0,54 -	11,5 -	24,08 -	8,35 -	5,46 -	0,84 -
Santa Ana	Mín. 1,68 Máx. 1,93	0,54 0,77	16,0 34,0	31,0 51,5	5,30 9,30	3,60 15,3	1,35 2,40

Fuente: *Los embalses*. J Armengol y N. Prat.

Corresponden a esta tipología Yesa, La Peña, Mediano, El Grado, Barasona, Escales, Canelles, Santa Ana, La Tranquera y Santolea, entre otros.

Grupo II. *Embalses con un grado medio de mineralización.* Como La Sotonera, Cueva Foradada o Calanda.

Grupo III. *Embalses con mayor grado de mineralización.* Son ejemplos Caspe y Mequinzenza que, por estar situados en el centro del valle y debido al carácter salino de los terrenos donde se asientan, contienen más sales disueltas.

El funcionamiento anual de un embalse puede compararse perfectamente al de un lago monomítico, pues se alterna un periodo invernal-primaveral, en el que toda el agua esta bien mezclada y con parámetros fisico-químicos uniformes, con otro estival-otoñal de estratificación, en el que hay dos masas de agua diferentes.

Durante el periodo de mezcla, el agua se mantiene bien oxigenada y a temperatura baja o moderada, pero al llegar el verano el epilimnion y el hipolimnion evolucionan de forma independiente: mientras que el primero se calienta más y puede llegar a sobresaturarse de oxígeno por la intensa fotosíntesis, el segundo se empobrece progresivamente, por la oxidación de la materia orgánica que procede de arriba. Si a ello se añaden aportes procedentes de las poblaciones que vierten al río, la situación empeora aún más, pudiendo darse el caso de falta total de oxígeno

en el fondo. En el agotamiento del oxígeno también influye decisivamente la profundidad a que se tome el agua en la presa para su desembalse; pues si se hace por encima de la termoclina, se agrava el empeoramiento de las condiciones del fondo.

Las comunidades de algas en estos ambientes dependen mucho del grado de oligotrofia/eutrofia de sus aguas. En los pantanos oligotróficos, con valores bajos de fósforo y de clorofila, las producciones primarias rondan los 2 ó 3 mg C/m³ y hora, abundando las especies de Dinoflageladas de los géneros *Peridinium*, *Ceratium* y *Dinobryon* así como las Diatomeas *Cyclotella* y *Asterionella*. En los más eutróficos del centro de la cuenca, con concentraciones de fósforo y clorofila mayores, se dan producciones que sobrepasan los 7 mg C/m³ y se aprecian diferentes especies de géneros como *Pediastrum* y *Sphaerocystis* (Clorofíceas) que conviven con Dinoflageladas como *Ceratium* y Diatomeas de los géneros *Cyclotella* y *Asterionella*.

El zooplancton de los embalses está dominado por Cladóceros (70% de especies), grupo de organismos herbívoros caracterizados por su corta vida y su elevada tasa de reproducción; los Copépodos son el 30% restante. Este último grupo contiene especies propias de ecosistemas más estables, con tiempos de generación largos y tasas reproductoras más bajas. Aunque en los lagos europeos abundan los Diaptómidos, en Aragón están poco representados,



Embalse de Yesa

pues sólo la especie *Lovenula alluaudi* ha sido citada en Mequinzenza y La Sotonera durante todo el año. Los Ciclópidos, por el contrario, merecen mayor atención, pudiendo distinguirse dos grupos según su régimen sea carnívoro o herbívoro.

Hay que destacar, finalmente, que en los embalses más eutróficos hay mayor número de especies planctónicas y también que se encuentran sometidos a mayores cambios anuales; así, los géneros *Daphnia* y *Ceriodaphnia* suelen presentar hasta tres especies diferentes en el mismo embalse. Por el contrario, en los embalses más oligotróficos el número de especies es menor.



Embalse de La Sotonera

En cuanto al bentos, las orillas de los pantanos raramente presentan buenas colonizaciones de vegetación litoral, por el carácter oscilante del nivel de sus aguas y también por lo abrupto de los márgenes. Ambos factores imposibilitan que se instalen comunidades vegetales maduras, pues éstas dependen mucho de la presencia constante de agua o de niveles freáticos muy cercanos.

Excepcionalmente se hallan estas comunidades en algunas colas, como ocurre en La Sotonera o en La Peña, donde cumplen una importante función como filtro para las partículas en suspensión que llegan con las aguas de escoorrentía, a la vez que como retención de nutrientes que pue-

den provocar eutrofización. Tienen importancia también como excelentes refugios para la invernada de pequeñas aves paseriformes y como lugares de cría para especies amantes de los carrizales.

En aguas profundas, el gran aporte de sedimentos y la prolongada falta de oxígeno a la que se ven sometidos los organismos durante el verano favorece la proliferación de gusanos que viven dentro de tubos o construyen galerías y que, a la vez, son muy resistentes a la anoxia. Se trata principalmente de Oligoquetos Tubífidos, siendo los géneros *Tubifex* y *Limnodrilus* los más numerosos en especies. Otro grupo de organismos perfectamente adaptado a estos ambientes de fondo son los Dípteros Quironómidos, entre los que destacan cuatro géneros cuya presencia permite hacer una rápida distinción de las aguas por su calidad: las especies de *Tanytarsus* abundan más en los embalses oligotróficos; *Stictochironomus maculipennis* prefiere embalses mesotróficos de aguas profundas y frías; *Chironomus plumosus* muestra preferencia por los eutróficos; finalmente, las especies de *Procladis* están presentes en todos ellos en las épocas de mezcla.

Llegamos finalmente a los principales representantes de la fauna piscícola. La gran mayoría de nuestros embalses se sitúa en tramos de río que corresponden a las llamadas “zona del barbo” y “zona de la carpa”, si bien unos pocos como los de Búbal, Lanuza o Respomuso presentan

ALGUNAS DE LAS PRINCIPALES ESPECIES PRESENTES
EN LOS EMBALSES ARAGONESES

PECES



Trucha



Barbo



Carpa



Gobio

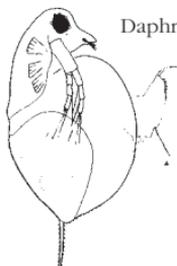


Madrilla

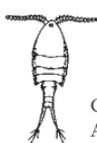


Tenca-Lucio

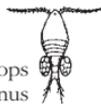
ZOOPLANCTON



Daphnia longispina



Cyclops gr. Abyssorum



Tropocyclops prasinus



Diaphanosoma brachyurum



Daphnia galeata

FITOPLANCTON



Peridinium



Dinobryon



Ceratium hirundinella



Cyclotella



Asterionella formosa



Pediastrum



Sphaerocystis

BENTOS



Tanytarsus



Chironomus



Tubifex

+OLIGOTRÓFICOS

+EUTRÓFICOS

comunidades faunísticas que se asemejan a las citadas de los ibones pirenaicos.

Los embalses situados en la zona ecológica del barbo son la mayoría: Escales, Mediano, El Grado, Yesa, etc. En todos ellos destacan como especies dominantes de peces: barbo (*Barbus graellsii*), bagre (*Leuciscus cephalus*), madrilla (*Chondrostoma toxostoma*), bermejuela (*Rutilus arcasii*) y anguila (*Anguilla anguilla*), todas ellas autóctonas, y el lucio (*Esox lucius*), especie introducida. Otras se presentan más ocasionalmente.

En los embalses de la zona de la carpa, la especie autóctona más frecuente es la anguila, pudiendo presentarse también barbo, madrilla y bagre de modo ocasional; entre las introducidas estarían carpa (*Cyprinus carpio*), carpín (*Carassius auratus*), tenca (*Tinca tinca*), lucio, perca (*Perca fluviatilis*), pez gato (*Ictalurus melas*) y siluro (*Silurus glanis*). Hay muchos menos embalses con esta fauna en Aragón, destacando por su extensión el de Mequinzenza.

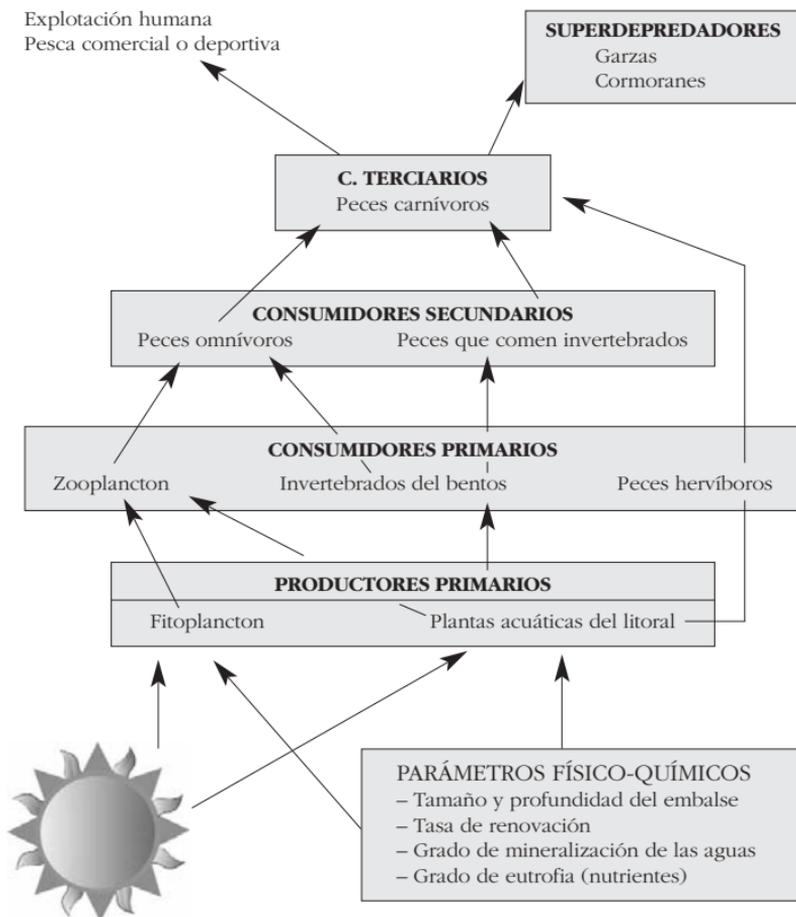
En la mayoría de los embalses aparecen mezclas de especies nativas con otras introducidas para fomentar la pesca deportiva. Estas últimas suelen ser carnívoras y han provocado importantes modificaciones de los equilibrios ecológicos en los ambientes fluviales. Sin duda, éste será uno de los problemas más graves del futuro si se desea conservar la fauna autóctona.

Las aves, por lo general, están poco representadas en los pantanos salvo en periodo invernal. Solamente es continua la presencia de gaviotas, garzas, cormoranes, fochas y algunas especies de anátidas. En invierno, no obstante, algunos albergan importantes poblaciones de ánades (real, silbón, rabudo) y pato cuchara, porrones y también fochas. Por esta razón dos de ellos, Las Navas y La Sotonera, se clasifican como de importancia nacional. La Sotonera y La Tranquera, además, concentran durante el paso primaveral un importante número de grullas, *Grus grus* (entre 10.000 y 20.000 individuos), que se reúnen para afrontar su difícil etapa transpirenaica.



Cola del embalse de La Peña

MODELO ESQUEMÁTICO DE UNA RED TRÓFICA EN LOS EMBALSES ARAGONESES



OTROS TIPOS DE HUMEDALES



Hay otros humedales de difícil clasificación, por su génesis y naturaleza, que no tienen lugar específico en las tipologías descritas. Entre ellos destacan las turberas, los alimentados por ojos o por surgencias de aguas subterráneas y los asociados a las corrientes de agua de la red hidrográfica (ríos, barrancos, arroyos, etc.)

En Aragón, las **turberas** se originan en los enclaves más lluviosos del Pirineo y en determinados lugares de la Cordillera Ibérica, donde se denominan “tremedales”. Requieren un suelo permanentemente húmedo, mal drenado y pobre en nutrientes minerales, de pH ácido, de naturaleza silíceo y escasa permeabilidad. Estos ambientes limitantes se colonizan con musgos del género *Sphagnum*, que forman pequeñas almohadillas cargadas de agua, que crecen por encima de la zona encharcada; sus partes internas mueren y se generan unas condiciones de falta de oxígeno que provocan una lenta descomposición de la materia orgánica y su consiguiente acumulación. La turba se va generando en capas sucesivas al seguir creciendo la parte viva exterior del musgo.

El crecimiento de los musgos que acumulan capas año tras año convierte a las turberas en verdaderas trampas para el polen, de donde la posibilidad que ofrecen de



Tremedales de Oribuela

reconstruir la evolución climática del Cuaternario reciente mediante análisis polínico.

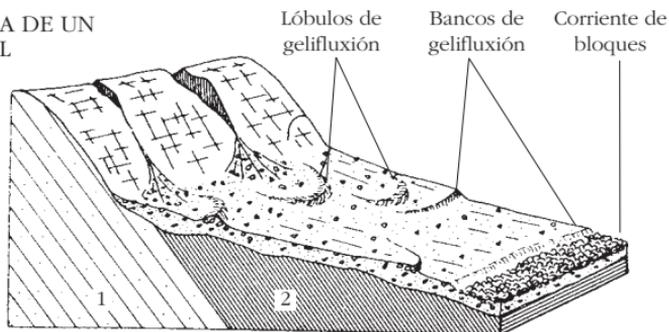
Junto al musgo, indicador de este ambiente turboso, aparecen otras especies vegetales propias de prados húmedos y zonas encharcadas, entre las que destaca por su singularidad la planta insectívora *Drosera rotundifolia*, con una roseta basal de hojas cuyos bordes cubiertos de pelos glandulares actúan como trampa pegajosa para los insectos; de este modo, la planta se asegura elementos nutritivos como el nitrógeno o el fósforo, muy escasos en estos

ambientes tan pobres. Otra planta carnívora que aprovecha estas mismas circunstancias es la *Pinguicula grandiflora*.

En la Sierra de Albarracín existen unas turberas singulares originadas sobre materiales cuarcíticos y pizarrosos. Consisten en acumulaciones de sedimentos y bloques en las laderas vertientes propiciadas por fenómenos periglaciares (efectos del hielo/deshielo) que han dado lugar a rellanos en lóbulos de gelifluxión donde se dan las condiciones apropiadas para la existencia de estos ambientes, los tremedales, que han dado nombre a la sierra donde más se han desarrollado (el Macizo del Tremedal) y a algunos topónimos locales (Orihuela del Tremedal).

La denominación *tremedal* alude a la escasa consistencia de estos terrenos, lo que provoca, al andar sobre ellos,

DIAGRAMA DE UN
TREMEDAL



Formas acumulativas periglaciares en el macizo del tremedal. 1: Cuarcitas del Valentiense inferior. 2: Pizarras ampelíticas del Valentiense (Gutiérrez y Peña, 1977)

el efecto de que tiemblan (trémulo: del latín *tremere*, temblar). En las partes bajas de las laderas, este singular ambiente va asociado con ríos o coladas de bloques que ocupan hasta 2,6 km de longitud por 250 m de anchura y 4 de profundidad, también de origen periglaciario, constituyendo uno de los ejemplos de esta manifestación geomorfológica más notable en el ámbito internacional.

Estos ambientes turbosos ejercen la importante función de regulación hídrica en las cabeceras de los ríos, embalsando agua; y son fáciles de conservar mientras la parte superior del valle permanezca inalterada. La construcción de pistas, los saneamientos inoportunos, los movimientos de tierras y las zanjas, entre otras obras, pueden terminar con un hábitat muy frágil, que depende de la humedad permanente y que alberga una fauna y flora muy singulares. Los humedales con turberas más representativos son los siguientes.

- Turberas de Anayet (en Sallent de Gállego). Coinciden con los ibones colmatados del circo de Anayet, al pie del pico homónimo.
- Humedal de Plana Mistresa (Aragüés del Puerto).
- Humedal de Aguas Tuertas (Ansó).
- Humedales del Plan de Aigüallut, Valleta de la Escoleta y Pleta de Llosás (Benasque).

- Tremedales: en la Sierra de Albarracín y, en especial, en el macizo paleozoico del Tremedal, incluido en los municipios de Orihuela del Tremedal y Bronchales.

Otro tipo de humedales representados en Aragón es el de los originados a partir de importantes manantiales denominados “ojos”, por la forma circular de la surgencia, que alimentan zonas mal drenadas y asociadas a fenómenos endorreicos, aunque con entidad propia. Entre estas superficies encharcadas alimentadas por aguas subterráneas destaca un enclave de la comarca de Monegros, poco conocido: El Carrizal del Saso de Osera. Emplazado en una depresión rodeada de cerros y laderas de yesos, su fondo, siempre encharcado, permite el desarrollo de un extenso carrizal que ocupa varias hectáreas y da lugar a la nidificación colonial de aves, como los aguiluchos *Circus aeruginosus* y *Circus pygargus*.

Otro conjunto de estos ambientes palustres dependientes de manantiales, clasificados como de importancia regional, se encuentra en la provincia de Teruel, en la cabecera del río Jiloca.

- Ojos de Monreal (Monreal del Campo). Es el más extenso del conjunto y posee un carrizal permanente en un complejo de ojos o descargas naturales de gran entidad.
- Ojos de Caminreal o de la Rifa. Son dos lagunas que se constituyen en el nacimiento del Arroyo de la Rifa,

en el municipio de Caminreal. Actualmente sólo quedan inundadas las surgencias de agua de aproximadamente 10 m de diámetro por 1 a 3 m de profundidad.

- Ojos de Fuentes Claras, en el municipio homónimo. Es una pequeña extensión encharcada que integra un complejo de ojos también alimentados por los acuíferos del Alto Jiloca.

En el contacto geológico entre la Cordillera Ibérica y la Depresión del Ebro surge un conjunto de manantiales que dan paso a humedales, entre los que destacan los Ojos de Pontil (Rueda de Jalón).



Ojos de Monreal, en el Alto Jiloca

La mayoría de estos humedales ligados a aguas subterráneas se encuentra en superficies de cabecera fluvial o en enclaves muy sensibles a la contaminación, presentando una alta fragilidad, pues dependen de caudales muy solicitados para otros usos (sobre todo, agrícolas).

Es importante conservar estas zonas palustres, que en la actualidad no cuentan con ninguna figura específica de protección legal, al igual que sucede con las turberas. Ambos tipos presentan idéntica función ecológica como áreas de reserva hídrica en los nacimientos de los ríos, con lo que contribuyen a equilibrar el ciclo del agua y a minimizar, entre otros, los procesos de erosión en las cuencas.

Por último, una referencia a las zonas húmedas que se originan en ambientes marginales a los ríos, pero que se alimentan por las crecidas periódicas y por el nivel freático asociado a los cauces permanentes. En algunas clasificaciones, como la elaborada por la Dirección General de Obras Hidráulicas de la Administración central, no se citan como humedales, pero el Convenio de Ramsar no sólo los incorpora sino que incluye, además, ríos y arroyos permanentes y estacionales.

Los ambientes básicos en un cauce fluvial son la corriente principal y sus orillas, ligadas directamente con la dinámica fluvial, además de los sistemas marginales (las zonas de inundación en las crecidas periódicas de los ríos),

que son los que se aproximan a la definición de humedal más admitida, y en los que se diferencian:

- Madres: brazos de río en los que su extremo distal (más alejado) está cegado y el proximal (más cercano), conectado con la corriente fluvial.
- Galachos: voz aragonesa que alude a los sistemas palustres diferenciados del río y que se corresponden con cauces antiguos abandonados (como ocurre en el Ebro), con grandes caudales y una gran llanura aluvial en la que divaga un cauce con trazado meandri-forme.
- Graveras: se trata de antiguas explotaciones de gravas, hoy convertidas en lagunas situadas en el hueco que deja la extracción de los materiales aluviales.
- Llanuras de inundación: terrazas o terrenos con escasas pendientes y próximas a los cauces que se inundan periódicamente. Coinciden con superficies excelentes para el uso agrícola, por lo que se cultivan casi en su totalidad y se evita su inundación mediante obras de defensa de las márgenes.

Aunque estos sistemas marginales no se relacionan directamente con la corriente principal, están sometidos a inundaciones periódicas que rejuvenecen los ecosistemas y posibilitan la existencia de comunidades biológicas pioneras (incipientes, poco maduras) o bosques de ribera de

gran madurez, en una sucesión abierta y dinámica que los diferencia de otros humedales con mayor estabilidad.

De estos sistemas, sólo se encuentra bajo las figuras de protección de “Reserva Natural” y “Zona de Especial Protección para las Aves” un conjunto de gran singularidad, cercano a Zaragoza: el de los *Galachos de La Alfranca, de Pastriz, La Cartuja y El Burgo de Ebro*, que engloba tres antiguos meandros del río, abandonados por sucesivas modificaciones de su cauce. Posee una representación significativa de sotos o bosques de ribera y otras comunidades vegetales que constituyen hábitats con un potencial biológico de gran envergadura; buen exponente de ello es la gran variedad de especies de aves que utilizan el paraje para su invernada y nidificación.

Este único espacio protegido asociado a un sistema fluvial marginal no es suficiente, si tenemos en cuenta la importancia del agua en la salud de los ecosistemas; y, puesto que los ríos son el sistema circulatorio de la Naturaleza, es necesario considerarlos no sólo como sistema hidráulico para su aprovechamiento, sino como recurso natural escaso y de gran valor estratégico. En la actualidad está muy amenazado por contaminaciones que merman su capacidad de autodepuración y por concesiones que no respetan los caudales ecológicos imprescindibles para la supervivencia de todas las comunidades biológicas, incluida la humana.

PROBLEMAS DE LOS HUMEDALES



El territorio aragonés presenta gran variedad de zonas húmedas, algunas de ellas únicas por los procesos ecológicos que albergan y, también, por ser hábitats de organismos singulares, endémicos o amenazados; otras son importantes por su función como lugares clave en las rutas migratorias de las aves, entre las que destaca la grulla común.

Un rápido recuento de los humedales naturales o seminaturales en Aragón, incluyendo los catalogados como de importancia internacional, nacional o regional, da como resultado las cifras siguientes:

Tipos	Sitios		Superficie		Con protección	
	Nº	%	Ha	%	Nº	%
De Montaña y Cársticos	156	75	614	20	76	49
Salinos	31	15	1.949	63	2	6
Dulces	20	10	533	17	2	10
Total	207	100	3.096	100	80	39

Pero es necesario matizar los datos de esta tabla, para no caer en errores: si bien es cierto que un porcentaje de protección en torno al 40% parece bastante elevado, esta protección se ha conseguido en época muy reciente, cuando algunos de los mejores humedales habían desaparecido ya.

En efecto, hasta no hace muchos años la política nacional era bien distinta. Los propios datos de la Dirección General de Obras Hidráulicas confirman que en los últimos cuarenta años ha desaparecido cerca del 60% de los humedales y lagos naturales en España como consecuencia de ella; y Aragón no ha sido una excepción. Entre los más afectados se encuentran los sistemas marginales de los ríos en las llanuras de inundación, cuya superficie se ha visto reducida en una quinta parte de la original debido a su conversión en tierras agrícolas, mediante obras de defensa en las riberas. También los humedales interiores han sufrido esta presión, de modo que sólo queda un tercio de la extensión original estimada.

Las razones de esta situación hay que buscarlas en falsas creencias, muy extendidas en el pasado, sobre la supuesta inutilidad e insalubridad de estos ambientes. Su mala fama dio pie a referencias como la que, por ejemplo, hizo P. MADDOZ en su influyente *Diccionario Geográfico Estadístico Histórico de España y sus posesiones de Ultramar* (1845-1850), al tratar sobre la población de Gallocanta:

«GALLOCANTA: l. con ayunt. De la prov., aud. Terr., c. g. y dióc. de Zaragoza (10 leg.), part. jud. de Daroca (1/2). SIT. en terreno llano, al extremo meridio-occidental de la prov.; le baten todos los vientos, y su CLIMA es templado y poco sano por tener a sus inmediaciones la laguna de su nombre, cuyas evaporaciones causan tercianas muy malignas».

Éste y otros motivos provocaron el intento de desecación del que, afortunadamente, es hoy el más emblemático de todos los humedales de Aragón en el ámbito internacional; en efecto, la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro (4ª división) elaboró en 1928 un *Proyecto de desecación de la Laguna de Gallocanta e incorporación de su cuenca a la del Jiloca*, en cuya memoria se expone que «el desecamiento ya se intentó al final de la guerra carlista por el cabecilla Marco de Bello, que trabajó por realizarlo y consiguió que se inauguraran las obras»; se indica, además, lo siguiente:

«Desaguar la inmensa charca, que eso es la famosa laguna, como principio de sanidad, es deber humano; ahora bien, gastar y sacar algún beneficio, es deber económico; luego si se deseca con miras a almacenar agua que ahora se pierde, se habrán conseguido fines sanitarios y agrícolas».

Estas justificaciones que no consideraban a Gallocanta como un recurso natural parecen, en la actualidad, carentes de sentido. Prueba de ello es el reciente proyecto que presentó a la Administración el Ayuntamiento de Villarquemado (Teruel) para recuperar una antigua laguna dese-

cada en su término municipal, lo que puede dar una idea de los cambios que se están produciendo en la opinión pública al respecto.

En los **ibones** no han existido prácticas de este tipo, pero las alteraciones comenzaron a mediados del siglo XX, cuando numerosas concesiones a grandes compañías provocaron sustanciales modificaciones para un mejor aprovechamiento hidroeléctrico. La más grave de todas fue su represamiento, acción que implica importantes fluctuaciones del nivel de las aguas y, como resultado de ello, la progresiva eliminación de los macrófitos (vegetación litoral), la pérdida de la fauna asociada, la rotura de las cadenas tróficas y la subsiguiente desaparición de gran parte de la fauna que habita estos lagos. Paralelamente se produce un incremento de la eutrofia.

Otra actuación que provocó grandes impactos fue la interconexión de lagos de diferentes cuencas. Esto favoreció mezclas heterogéneas de aguas y modificó totalmente sus características físico-químicas.

Prácticas más recientes, consistentes en vaciarlos durante el día y rellenarlos por la noche en función de la demanda energética, contribuyen también a destruir las comunidades que les son propias, pues decantan el equilibrio hacia estadios evolutivos poco maduros (pioneros). El lago de Llauset sería un ejemplo de modificaciones de este tipo. A partir de los años setenta, la llegada del turismo

masivo ha traído otros problemas a estas zonas de montaña, como el aumento de la eutrofización ligada a zonas de acampada.

Al tratarse de lagos con alcalinidad muy baja, también cabe pensar en los posibles efectos de las lluvias ácidas. Si bien hasta el momento los lagos pirenaicos no se han visto afectados, el incremento continuado de la contaminación atmosférica, ligada a los procesos industriales y a las emisiones de vehículos, puede truncar en el futuro estas buenas condiciones físico-químicas del agua.

Por último, cabe mencionar la proliferación reciente de pistas de esquí e infraestructuras asociadas como carreteras, aparcamientos, tomas de agua para la producción de nieve artificial, vertidos de aguas residuales, etc. Todo esto incide, sin duda, sobre estos ecosistemas y supone a la larga una alteración de los mismos. Ejemplos de ello son los ibones de Sabocos y Los Asnos, afectados por la ampliación de la estación de esquí de Panticosa.

La mayoría de las **lagunas endorreicas** presenta también un grado de alteración bastante notable, aunque por fortuna no llega a ser irreversible.

El aspecto que más llama la atención a quien las visita por primera vez es la proximidad de cultivos agrícolas, que en ocasiones alcanzan hasta la zona inundable, con caminos rurales que las bordean o incluso atraviesan, y también

las acumulaciones de piedras procedentes de las superficies cultivadas en su entorno.

Una fuente de contaminación menos visible, pero de consecuencias más graves, es el uso frecuente de herbicidas, pesticidas y abonos, propiciados por la intensificación de los cultivos. Estas sustancias acaban concentrándose en el agua y en los sedimentos, lo que provoca cambios en estos ecosistemas y una evolución a condiciones diferentes a las de su origen, con desapariciones de organismos y disminuciones graves de la biodiversidad que afectan a especies amenazadas y/o de gran singularidad.

Otro efecto negativo en el endorreísmo aragonés está relacionado con el aprovechamiento del agua subterránea para el riego. Estas prácticas, asociadas a un clima con grandes periodos de sequía, provocan disminuciones del nivel de agua en las lagunas hasta llegar a su agotamiento. Para evitarlo sería preciso tratar estos ambientes como una cuenca hidrográfica y no sólo fijándose en su entorno inmediato. Tal es el caso de la cuenca de Gallocanta.

Los problemas de otras zonas endorreicas con mayor salinidad son bien distintos. La traída de aguas dulces de lugares alejados para regar los campos circundantes altera las condiciones extremas y singulares de estos medios. Así está ocurriendo en la laguna hipersalina de Chiprana, en las Saladas de Alcañiz o en la plataforma endorreica de

Monegros, lo que propicia su evolución hacia ecosistemas acuáticos diferentes, así como pérdidas de organismos y procesos ecológicos únicos y muy singulares de los que aún se desconocen principios básicos. Estos cambios pueden ser tan drásticos como la conversión de una laguna endorreica salina en una balsa de regulación de riego, como ha ocurrido en la laguna de Sariñena o en otras de la Depresión del Ebro (Belchite, Cinco Villas).

Estas alteraciones que hemos mencionado para las lagunas salinas e hipersalinas son, a nuestro juicio, uno de los problemas más graves a que debe enfrentarse Aragón, pues hasta ahora sólo un 6% de estos humedales disfruta de alguna figura de protección. Pocas medidas de conservación se han tomado a su respecto y ninguna ha sido incluida en la Red de Espacios Naturales Protegidos por la legislación sectorial correspondiente.

Las **lagunas cársticas** también suelen estar rodeadas de cultivos. Esto supone importantes aportes de nutrientes, principalmente fosfatos y nitratos, que poco a poco van eutrofizando sus aguas (eutrofización cultural). De momento, el fenómeno no es muy grave por la elevada alcalinidad de sus aguas, ya que, al haber carbonatos en abundancia, los fosfatos precipitan en el fondo y quedan bloqueados. Durante el verano, por la falta de oxígeno en el fondo, puede redisolverse parte de estos nutrientes y de este modo las aguas se enriquecen temporalmente.

Una contribución positiva para neutralizar tal eutrofización es el buen estado de conservación del cinturón de vegetación litoral que actúa como filtro. Por ello, parece una medida de capital importancia su conservación, acabando con la práctica esporádica de las quemas en sus orillas.

Un breve comentario final sobre los problemas de los **embalses**, cuya amenaza más importante es la eutrofización. Este fenómeno se produce por los vertidos a los ríos de aguas residuales cargadas de materia orgánica y detergentes procedentes de pueblos y ciudades.

La eutrofización provoca importantes proliferaciones de algas en el epilimnion y déficit de oxígeno en las aguas del fondo, donde se instalan bacterias reductoras que pueden acabar atacando el cemento de las presas. Lo sufren más los embalses situados en las partes bajas de las cuencas.

Otro problema de gran importancia es la introducción de especies exóticas. Casi una decena de ellas han sido traídas con intención de fomentar la pesca deportiva. Hasta hace poco no existía ninguna regulación, pero la reciente Ley 2/99 de Pesca establece que las repoblaciones futuras deberán contar con autorización avalada por el informe de un técnico. Si bien esta norma trata de frenar el descontrol existente en este campo, cosa bien distinta será restablecer el equilibrio ecológico anterior a estas prácticas.



Ojos de Monreal: contaminación, drenaje agrícola y vertido de residuos



La Salineta: vertido de residuos en proximidad al Polígono Industrial de Bujaraloz



Laguna de Guallar: vertedero originado por el despedregado de cultivos cercanos



Ibón de Los Asnos: captación para alimentar los cañones de nieve artificial en Panticosa

MOTIVOS PARA SU CONSERVACIÓN

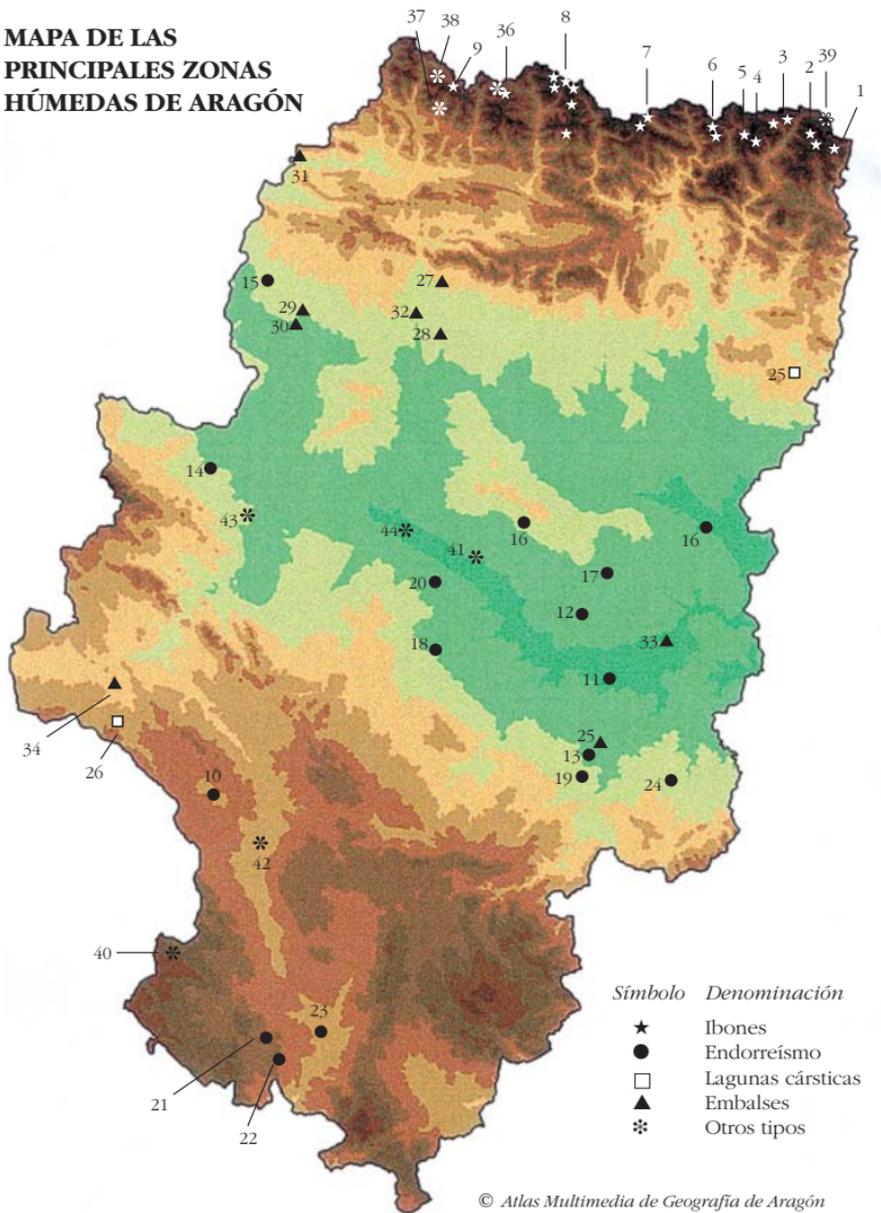


Tras este sucinto repaso a la problemática de los humedales en Aragón, queremos concluir destacando los beneficios que los humedales generan tanto de forma directa como indirecta y que son algunas de las principales razones para su conservación.

- *Regulación y recarga de acuíferos.* Su papel como reservorios de agua cumple la doble función de alimentar las aguas subterráneas con aportes de buena calidad y de interceptar importantes volúmenes de agua de lluvia, reduciendo los fenómenos de erosión causantes de pérdida de suelo en otros puntos de la cuenca hidrográfica.
- *Control de avenidas.* Los humedales situados en las llanuras de inundación almacenan grandes volúmenes de agua durante las fuertes precipitaciones y crecidas de los ríos, liberando posteriormente el agua por escorrentía o favoreciendo la recarga de los acuíferos aluviales. De esta forma, se mitiga el caudal máximo y disminuyen los efectos devastadores de las grandes avenidas e inundaciones. Desgraciadamente, la ocupación de estas llanuras de inundación por cultivos y usos residenciales, favorecidos por las obras de defensa en los márgenes fluviales, ha generado (sobre todo, en el Valle del Ebro) una escasa funcionalidad de este efecto benéfico.

- *Retención de sedimentos.* Los humedales actúan como trampas de sedimentos para los materiales en suspensión arrastrados por la corriente de agua. Esto ocasiona una mayor productividad de estas zonas pero, a la vez, una reducción en su capacidad de almacenamiento de agua, como ocurre en los aterramientos que padecen nuestros embalses.
- *Capacidad depuradora.* El exceso de materia orgánica generado por los vertidos urbanos o ganaderos es transformado rápidamente por los microorganismos que habitan los humedales en nutrientes que, como el nitrógeno y el fósforo, son incorporados ávidamente por algas y plantas a las cadenas tróficas. Así, pues, siempre que las cargas no sean excesivas, se produce una depuración natural que puede ser aprovechada como principio básico para el funcionamiento de sistemas seminaturales como los “filtros verdes” o el “lagunaje”.
- *Exportación de biomasa.* Los humedales son sistemas que ofrecen una gran productividad, lo que propicia abundancia de especies de flora y fauna utilizable por el hombre (peces, aves, plantas).
- *Estabilización de microclimas.* Los ciclos hidrológicos y los flujos de energía de los humedales contribuyen a estabilizar las condiciones climáticas locales, en particular las precipitaciones y las temperaturas. Se ha

MAPA DE LAS PRINCIPALES ZONAS HÚMEDAS DE ARAGÓN



ZONAS HÚMEDAS MÁS IMPORTANTES

IBONES POR CUENCAS:

1. Noguera Ribagorzana
2. Vallhiviena
3. Ésera
4. Estós
5. Eriste
6. Millares
7. Cinca
8. Gállego
9. Aragón

ENDORREÍSMO:

10. Cuenca de Gallocanta
11. Saladas de Chiprana
12. Plataforma de Bujaraloz-Peñalba-Sástago
13. Saladas de Alcañiz
14. Núcleo de Borja
15. Área de Las Cinco Villas
16. Sector norte de Monegros
17. Laguna de Sariñena
18. Zona de Belchite
19. Salada de Calanda
20. La Sulfúrica
21. Laguna de Bezas
22. Balsa del Pinar
23. Laguna de Tortajada
24. Balsa de Valjunquera

LAGUNAS CÁRSTICAS:

25. Lagunas de Estaña
26. Laguna Ojos de Pardos

EMBALSES:

27. Las Navas
28. La Sotonera
29. San Bartolomé
30. El Bolaso
31. Yesa
32. Ardisa
33. Mequinenza
34. La Tranquera
35. Estanca de Alcañiz

OTROS TIPOS:

36. Turberas de Anayet
37. Plana Mistresa
38. Aguas Tuertas
39. Plan de Aiguallut
40. Tremedales
41. Saso de Osera
42. Ojos de la cabecera del río Jiloca
43. Ojos de Pontil
44. Galachos de La Alfranca, de Pastriz, La Cartuja y El Burgo de Ebro



Lago glaciari cerca del Posets

demostrado que una proporción de la precipitación continental es resultado de la evaporación *in situ*, por lo que los humedales de cierta entidad pueden influir en sus cercanías.

- *Actividades recreativas y turismo.* En los humedales, ríos, lagos y embalses se realiza una gran cantidad de actividades recreativas y turísticas, como paseo, natación, observación de aves, fotografía de la naturaleza, pesca, caza, etc.

Estos y otros efectos benéficos de los humedales, unidos a sus valores como medio natural, exigen una mayor implicación de las Administraciones Central, Autonómica y Local en su conservación mediante un enfoque integrador de todas las políticas sectoriales que les afectan, entre las que los Planes Hidrológicos de Cuenca (1998), el Inventario de Zonas Húmedas y el Plan Estratégico Español para la Conservación y el Uso Racional de los Humedales no son sino un comienzo.

Creemos que los motivos de carácter biológico (riqueza natural y gran biodiversidad) bastan para justificar el cambio radical que debe producirse a la hora de abordar los problemas de su conservación. En un mundo como el actual, cada vez más tecnificado y artificial, llegará un día en que se valorarán como prioritarios estos aspectos que durante los últimos años han estado tan descuidados. Apostar por ellos es anticiparse al futuro.

BIBLIOGRAFÍA



- ALONSO, M. y COMELLES, M.: «Catálogo limnológico de las balsas y lagunas de la provincia de Teruel». Revista *Teruel*, nº 73. Instituto de Estudios Turolenses, Teruel, 1985.
- AMAT, J. y otros: *Criterios de valoración de las zonas húmedas de importancia nacional y regional en función de las aves acuáticas*. ICONA-Monografías. ICONA, Madrid, 1985.
- ARMENGOL, J. y PRAT, N.: *Los embalses*. Cuaderns d'Ecologia Aplicada. Diputación Provincial de Barcelona, Barcelona, 1979.
- ÁVILA, A.; BURREL, J. L.; DOMINGO, A.; FERNÁNDEZ, E.; GODALL, J. y LLOPART, J.: «Limnología del Lago Grande de Estanya», en *Oecología Aquatica*, nº 7. Universidad de Barcelona, Barcelona, 1984.
- BALLARÍN, I.: *Clasificación de las zonas húmedas aragonesas de importancia internacional, nacional y regional en función de las aves acuáticas*. ICONA-Monografías. ICONA, Madrid, 1985.
- CAMPAS, L. y VILASECA, J.: *Los lagos del Pirineo*. Cuaderns d'Ecologia Aplicada. Universidad de Barcelona, Barcelona, 1979.
- CIRUJANO, S.; VELAYOS, M.; CASTILLA, F. y GIL, M.: *Criterios botánicos para la valoración de las lagunas y humedales españoles*. ICONA-CSIC, Madrid, 1992.

- COMÍN, F. A.; ALONSO, M. y LÓPEZ, P.: *Estudio limnológico de la Laguna de Gallocanta y su cuenca*. Laboratorios Proyex, S. A. (Informe inédito), 1981.
- GÓMEZ, D.; MONTSERRAT, G. y FERRER, J.: *Aportación al estudio de la flora y vegetación en la cuenca endorreica de Gallocanta*. Laboratorios Proyex, S. A. (Informe inédito), 1981.
- GRANADO-LORENCIO, C. y otros: *Estudio ictiológico en el embalse de Joaquín Costa*. LIMNETICA, vol. 14, Universidad de Barcelona, Barcelona, junio 98.
- GRANADOS, J. y TORO, M.: *Conservación de los lagos y humedales de alta montaña de la Península Ibérica*, U.A.M. Ediciones, Madrid, 2000.
- MIRACLE, M^a R.: «Composición específica de las comunidades zooplanctónicas de 153 lagos del Pirineo y su interés biogeográfico», en *Oecologia Aquática*, nº3. Universidad de Barcelona, Barcelona, 1978.
- PEDROCCHI, C.: *Ecología de los Monegros*. Instituto de Estudios Altoaragoneses, Huesca, 1998.
- PEDROCCHI, C. y otros: *Estudio multidisciplinar de la laguna de Sariñena*. Diputación Provincial de Huesca, Huesca, 1986.
- PEÑA, J. L. y otros: *Geomorfología de la provincia de Teruel*. Instituto de Estudios Turolenses, Teruel, 1984.
- VÉLEZ, F.: *Impactos sobre zonas húmedas naturales*. ICONA-Monografías, ICONA, Madrid, 1979.



46. **Realizadores aragoneses** • Agustín Sánchez Vidal
47. **El Moncayo** • Francisco Pellicer
48. **Las reinas de Aragón** • Concha García Castán
49. **Bílbilis Augusta** • Manuel Martín Bueno
50. **La Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País** • José F. Forniés Casals
51. **La flora de Aragón** • Pedro Montserrat
52. **El Carnaval en Aragón** • Equipo de Redacción CAI100
53. **Arqueología industrial en Aragón** • J. Laborda, P. Biel y J. Jiménez
54. **Los godos en Aragón** • M^a Victoria Escribano Paño
55. **Santiago Ramón y Cajal** • Santiago Ramón y Cajal Junquera
56. **El arte rupestre en Aragón** • M^a Pilar Utrilla Miranda
57. **Los ferrocarriles en Aragón** • Santiago Parra de Mas
58. **La Semana Santa en Aragón** • Equipo de Redacción CAI100
59. **San Jorge** • Equipo de Redacción CAI100
60. **Los Sitios. Zaragoza en la Guerra de la Independencia (1808-1809)** • Herminio Lafoz
61. **Los compositores aragoneses** • José Ignacio Palacios
62. **Los primeros cristianos en Aragón** • Francisco Beltrán
63. **El Estatuto de Autonomía de Aragón** • José Bermejo Vera
64. **El Rey de Aragón** • Domingo Buesa Conde
65. **Las catedrales en Aragón** • Equipo de Redacción CAI100
66. **La Diputación del Reino de Aragón** • José Antonio Armillas
67. **Miguel Servet. Sabio, hereje, mártir** • Ángel Alcalá
68. **Los juegos tradicionales en Aragón** • José Luis Acín Fanlo
69. **La Campana de Huesca** • Carlos Laliena

70. **El sistema financiero en Aragón** • Área de Planificación y Estudios - CAI
71. **Miguel de Molinos** • Jorge Ayala
72. **El sistema productivo en Aragón** • Departamento de Economía - CREA
73. **El Justicia de Aragón** • Luis González Antón
74. **Roldán en Zaragoza** • Carlos Alvar
75. **La ganadería aragonesa y sus productos de calidad** • Isidro Sierra
76. **La fauna de Aragón** • César Pedrocchi Renault
77. **Opel España** • Antonio Aznar y M^a Teresa Aparicio
78. **La Feria de Muestras de Zaragoza** • Javier Rico Gambarte
79. **La jota aragonesa** • Javier Barreiro
80. **Los humedales en Aragón** • Jorge Abad y José Luis Burrel



81. **Los iberos en Aragón** • Francisco Burillo
82. **La salud en Aragón** • Luis I. Gómez López
83. **Félix de Azara** • M^a Dolores Albiac
84. **Las iglesias de Serrablo** • Equipo de Redacción CAI100
85. **La nieve en Aragón** • Salvador Domingo
86. **El aceite de oliva en Aragón** • Ángel Bonilla y Miguel Lorente
87. **El cuento oriental en Aragón** • M^a Jesús Lacarra
88. **Los Fueros de Aragón** • Javier Delgado y M^a Carmen Bayod
89. **Los fondos estructurales en Aragón** • Elías Maza
90. **Las lenguas de Aragón** • M^a Antonia Martín Zorraquino y José M^a Enguita